

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра Електроенергетики
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню **магістра**
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента **Ярошенка Якова Васильовича**
(ПІБ)

академічної групи **141м-18-3**
(шифр)

спеціальності **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**
програмою
(офіційна назва)

на тему **Розробка наплавної сонячної електростанції на території хвостосховища Полтавського гірничозбагачувального комбінату**
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Ципленков Д.В.			
розділів:				
Перший	Ципленков Д.В.			
Другий	Ципленков Д.В.			
Третій	Ципленков Д.В.			
Четвертий (економічний)	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Електроенергетики
(повна назва)

Рогоза М.В.

(підпис) (прізвище, ініціали)
" ____ " _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу

кваліфікаційної роботи ступеню **магістра**
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту **Ярошенку Я.В.** академічної групи **141м-18-3**
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою **Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**
(офіційна назва)

на тему **Розробка наплавної сонячної електростанції на території хвостосховища**
(назва за наказом ректора)

Полтавського гірничозбагачувального комбінату

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **17.04.19** № **626-л**

Розділ	Зміст	Термін виконання
Перший	У першому розділі проводиться аналіз загального стану енергетики в Україні і сонячної енергетики як її сегменту	11.10.19 – 21.09.19
Другий	В другому розділі кваліфікаційної роботи здійснюється обумовлення місця розташування плавучої сонячної станції з урахуванням геофізичних і погодних умов	23.10.19 – 3.11.19
Третій	В даному розділі проводяться основні розрахунки і вибір комплектуючих до СЕС	4.11.19 – 18.11.19
Четвертий (економічний)	Економічний розділ показує фінансову ефективність розрахованого проекту	20.11.19 – 8.12.19

Завдання видано _____ Ципленков Д.В.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)
Дата видачі 4.09.19
Дата подання до екзаменаційної комісії
Прийнято до виконання _____ Ярошенко Я.В.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 97 сторінок, 2 таблиці, 27 рисунків, 3 додатки, 76 джерел.

НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ПЛАВУЧИЙ ПОНТОН, ХВОСТОСХОВИЩЕ, ГІРНИЧОЗБАГАЧВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ, ЕНЕРГОМЕРЕЖА, ЗЕЛЕНИЙ ТАРИФ, АВТОНОМНІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт розроблення – наплавна сонячна електростанція на хвостосховищі ПРАТ «Полтавський гірничозбагачувальний комбінат».

Мета роботи – створення альтернативного джерела зеленої енергетики для продажу енергії в мережу, або покриття частини власних потреб гірничозбагачувального комбінату. Проект складається з чотирьох розділів, вступу і висновку.

Результати роботи. В першому розділі було проведено аналіз двох найпопулярніших джерел альтернативної енергетики – сонячної та вітрової. Також приведено вплив людини на навколишнє середовище і можливості використання відновлюваних джерел енергії в Україні. Перед оцінкою потенціалу і стану сегменту сонячної енергетики в державі, приведено принцип роботи сонячних панелей і прийняте нестандартне розташування плавучої станції.

В другому розділі здійснено обмовлення місця розташування плавучої сонячної станції з врахуванням фізико-географічних і метеорологічних умов.

В третьому розділі проведено розрахунок і компоновання плавучої сонячної електростанції з вибором необхідних компонентів для неї.

В техніко-економічному розділі було прораховано вартість запропонованого науково-технічного рішення, і, також розрахована економічна ефективність після введення його в дію. За підсумками розрахунків було встановлено, що при використанні такої системи можна досягти значних покращень не лише в локальному економічному сегменті, а й в екологічному.

Наукова новизна полягає в тому, що пропонується використовувати нестандартні території для компоновання СЕС, і, почати локальне покращення електроенергетичної мережі і екологічної обстановки в Україні.

ABSTRACT

Explanatory note: 97 pages, 2 tables, 27 figures, 3 attachments, 76 sources.

NON-TRADITIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES, SOLAR POWER PLANT, FLOATING PONTOON, KHVOSTOSCHOVYSCH (RESERVOIR OF MINING AND PROCESING WASTE), MINING ENGAGEMENT PLANT, ENERGY NETWORK, GREEN TARIF, AUTONOMOUS ENERGY SYSTEMS, TECHNOLOGICAL PROCESS.

The object of development is a floating solar power plant at the tailing of PJSC Poltava Mining and Processing Plant.

The purpose of the work is to create an alternative source of green energy for the sale of energy to the grid, or to cover part of the mining plant's own needs. The project consists of four sections, an introduction and a conclusion.

Results of work. The first section analyzes two of the most popular sources of alternative energy - solar and wind. The impact of the person on the environment and the possibilities of using renewable energy sources in Ukraine are also given. Before assessing the potential and condition of the solar energy segment in the country, the principle of operation of solar panels and the non-standard location of the floating station will be presented.

The second section discusses the location of a floating solar station, taking into account physical, geographical and meteorological conditions.

The third section calculates and assembles a floating solar power plant with the selection of the necessary components for it.

In the technical and economic section, the cost of the proposed scientific and technical solution was calculated, and the economic efficiency after its implementation was calculated. Based on the results of the calculations, it was found that using such a system could achieve significant improvements not only in the local economic segment but also in the environmental one.

The scientific novelty is that it is proposed to use non-standard territories for the layout of the SPP, and to begin local improvement of the electricity grid and environmental situation in Ukraine.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ.....	11
1.1 Аналіз сучасного стану енергетики в Україні. Вплив людини на навколишнє середовище	11
1.2 Можливості використання відновлюваних джерел енергії в Україні.	14
1.3 Сонячна електростанція в Україні. Процес роботи і обумовлення вибору місця розташування	19
1.3.1 Кремнієві сонячні панелі	20
1.3.2 Потенціал сонячної енергетики	21
1.3.3 Стан сонячної енергетики в Україні.....	24
1.4 Локальна сонячна електростанція з нестандартним розташуванням.	28
Висновок по розділу.....	36
РОЗДІЛ 2 ОБУМОВЛЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ПЛАВУЧОЇ СЕС.....	37
2.1. Географічні і фізичні умови розташування сонячної електростанції	37
2.2 Погодні умови та території хвостосховища, підприємства і регіону в цілому	43
Висновок по розділу	47
РОЗДІЛ 3 СКЛАД І КОМПАНУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	48
3.1 Сонячні панелі для плавучої електростанції	48
3.1.1 Двосторонні сонячні панелі	49

3.1.2 Розрахунок потужності сонячних панелей за кліматичних умов регіону.....	51
3.2 Техніко-фізичні характеристики сонячних панелей «JOLYWOOD JWD60N315».....	54
3.3 Вибір інверторного обладнання	55
3.4 Кабельне устаткування.....	57
3.5 Лінії з'єднання інверторів і трансформаторних підстанцій	59
3.6 Трансформаторні підстанції для СЕС	60
3.6.1 Компонування ТП	62
Висновок по розділу	67
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПЛАВУЧОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	68
4.1 Капітальні вкладення	69
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	70
4.2.1 Амортизаційні відрахування	70
4.2.2 Фонд заробітної плати	71
4.2.3 Фонд затрат на технічне обслуговування і поточний ремонт	72
4.3 Розрахунок терміну окупності станції.....	72
Висновок по розділу	75
ВИСНОВОК.....	76
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ	79
ДОДАТОК А	89
ДОДАТОК Б.....	90
ДОДАТОК В	92

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

СЕС – сонячна електростанція;

ГЗК – гірничозбагачувальний комбінат;

ПЕК – паливно-енергетичний комплекс;

НЕК – національна енерго-компанія;

ТЕС – теплова електростанція;

АЕС – атомна електростанція;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ВСТУП

За останні десятиліття потреби людей в енергії зростали в геометричній прогресії. Це нормально, адже оточуюче нас середовище з кожним днем потребує все більшої кількості енергії. Це незворотній шлях до цифрової епохи, до епохи новітніх технологій, які в минулому складно було навіть уявити. Для прикладу можна привести середньостатистичну сім'ю українців у одному із великих міст. На зорі 2000 – х, років все електрообладнання в такому сімействі складалося загалом із такого: телевізор, праска, піч (можливо мікрохвильова), холодильник, пральна машина, освітлення, тощо. Зараз же, банальних зарядних приладів для більшості електроніки вже більше ніж пальців на одній руці. А якщо додати сюди і можливість «осучаснити» свої апартаменти системою «Розумний дім», то отримаємо колосальну різницю з енергоспоживання.

Додавши до цього списку щорічно зростаючі тарифи на: опалення, електричну енергію, воду – можна зробити певний підсумок, що такі показники використання енергії в грошовому еквіваленті можуть стати вкрай важкими для сімейного бюджету. Адже дуже важко в наш час уявити будь-яку перспективну сферу зайнятості, де не використовують технології, що потребують електроспоживання. Якщо звернутись до цифр, то в 2018 році [1] середнє енергоспоживання в Україні зросло на 2.3% і це навіть з урахуванням втрат в енергомережі. Загалом – кількість спожитої електроенергії сягнула 153214 кВт\год. Найбільшими споживачами стали: населення, аграрна промисловість та будівництво.

Довгі роки, основними видами енергії в цілому світі залишається викопне паливо. Прості причини такої тенденції – ціна\якість. Навіть не зважаючи на ціни, що постійно коливаються (мається на увазі нафта і газ), спричиняючи в свою чергу проблеми для економіки різних країн, ресурси із надр нашої планети є найвигіднішими на даний момент з фінансової точки зору.

Проте, за останні десятиліття, прогрес, що спіткав людство в купі з нинішніми екологічними проблемами, відкриває двері до нових ідей. Навіть не зважаючи на те, що за різними експертними оцінками, викопного палива нам має вистачити ще на два-три покоління людей, вже зараз, інші говорять, що ми давно

минули «точку неповернення» і з кожною секундою врятувати навколишнє середовище або принаймні покращити екологічну обстановку стає все складніше. Також слід додати сюди і те, що на фоні енерговикористання нафти і газу відбуваються глобальні конфлікти.

На фоні багатьох чинників, зокрема і вище перерахованих, частка відновлюваних джерел енергії в загальних електромережах провідних країн світу, збільшується щороку. Можливо, це спровоковано і завдяки піару на фоні всіх наших енергетичних і екологічних проблем, але так чи інакше, поступово, в світі відмовляються від ідеї використання традиційних енергоресурсів або принаймні від спалювання твердих паливних елементів, що супроводжуються значними викидами в атмосферу шкідливих речовин.

Одним із найбільш актуальних рішень є – сонячні електростанції. Всі позитивні і негативні моменти в більш глобальному розгляді будуть представлені нижче. Тут, можна додати, що вже зараз структура створення сонячних панелей і вироблення енергії за допомогою нашого світила, кардинально відрізняється від своїх прототипів 5 – 10 річної давнини, не говорячи про початок ХХІ-го і кінець ХХ-го століття.

Але все таки, один значний мінус хотілося б згадати ще на початку, це енергомережі, шляхи передавання електроенергії в Україні. Навіть на зважаючи на те, що при своєму проектуванні вони розроблялися із можливістю збільшення передаваної потужності, вже зараз існують проблеми, які пов'язані із застарілим обладнанням і потребою частково їх розведення (розвантаження). Саме останній пункт, дає змогу здійснити «нетрадиційна» енергетика. Адже за допомогою відновлюваних джерел енергії (в подальшому ВДЕ) можна створити децентралізовані енергомережі шляхом їх автономного електропостачання за рахунок сонячних електростанцій або інших потужностей зеленої енергетики.

Отже, відновлювані джерела енергії в такому випадку виглядають промінням надії, і, сам шлях до використання «зеленої енергетики» вже зараз починає перетворюватися на буденну реальність, а не фантастичні ідеї «гіків», які намагаються змінити світ.

Важливість і актуальність даної магістерської роботи полягає у дослідженні неспецифічного регіону України на потенціал відновлюваної енергетики, сонячної енергетики і створенні нової сонячної електростанції для наших умов, а

саме – плавучої СЕС. Також, це аналіз локальної території, що обмежена певними географічними, фізичним і промисловими об'єктами, для отримання результатів, що дозволять розробити ефективну автономну систему енергопостачання з використанням електричних фотомодулів, що виробляють електроенергію з сонячного випромінювання. В подальшому, це дозволить не лише збільшити виробництво електроенергії, а й також покращити її якість за рахунок впровадження нових технологій, вплинути на ефект децентралізації не лише в суспільно-політичному устрої України, а і в енергетичному. Тим самим, це призведе до збільшення долі генерування енергії на базі відновлюваних джерел, і, як локальному, так і глобальному позитивному впливу на екологічну і соціальну ситуацію в регіоні та країні в цілому.

Об'єкт дослідження: можливість розташування плаваючої сонячної електростанції в нестандартних умовах.

Суб'єкт дослідження: хвостосховище відходів виробництва Полтавського гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК), що розташований в місті Горішні Плавні, Полтавської області.

Ціль дипломного проекту (назва проекту) полягає у проведенні дослідження потенціалу і всіх можливих аспектів, які можуть впливати на генерацію електроенергії плавучої сонячної електростанції в нестандартних умовах. А також розрахунок і проектування даної СЕС для вироблення електроенергії в загальну енергомережу України.

До завдань цього проекту слід віднести:

- Вибір місця розташування плавучої сонячної електростанції;
- Розрахунок габаритів СЕС і території яку вона може займати;
- Визначити можливий і технічний потенціал сонячних ресурсів для вибраної території;
- Обрати найбільш доцільні компоненти для проектування плавучої СЕС;
- Розробити схему електропостачання для плавучої СЕС;
- Розрахувати економічну доцільність даного проекту на основі існуючих даних.

РОЗДІЛ 1

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ

1.1 Аналіз сучасного стану енергетики в Україні. Вплив людини на навколишнє середовище

За останні десятиліття, енергоспоживання людства невпинно зростає. Разом із цим збільшується і кількість видобування паливних речовин і ресурсів, які ми використовуємо в енергетичній сфері. За даними [2] одного авторитетного економічного порталу, з посиланнями на статтю канадського наукового журналу «Maclean's», майбутнє нафтогазової промисловості, хоч і залишається не зовсім визначеним, і, не можна точно сказати коли ми вичерпаємо природні надра Землі, проте вже зараз існують деякі дати, а саме 2070 рік. Тоді, на думку авторів даної статті ми спіткаємо справжню трагедію світового масштабу в енергетичній галузі.

Всі потреби людини можна розділити на матеріальні і духовні. І, так як духовні потреби можуть бути задоволені з використанням матеріальних благ: музику грають на музичних інструментах, картини пишуть на папері і тд; всі ці аспекти потребують природних ресурсів. Також матеріальні потреби можна розділити на дві категорії природних і комфортних потреб. До природних віднесемо всі біологічні потреби в їжі, воді, житлі і так далі, а до комфортних – усі додаткові до природних потреб можливі покращення умов життя людини. Більш детально про психологічні і фізіологічні потреби людей можна прочитати в відповідних джерелах. Зараз же необхідно зосередитися на тому, як саме люди здійснюють безпосередній вплив на навколишнє середовище. Загалом, будь-який вплив людини на природні екосистеми прийнято називати антропогенним. Джерелами антропогенного впливу на біосферу можуть бути різні об'єкти, від технологічного обладнання на підприємстві до транспортного засобу або населеного пункту. Технологічний процес будь-якого виробництва несе за собою негативний вплив на біосферу, викиди і тому подібне, як мінімум через споживання енергії, яка видобувається шляхом перетворення викопного палива

на електроенергію. Зараз на допомогу і боротьбу з шкідливими викидами виділяються значні кошти, але навіть введення в експлуатацію найновіших розробок [3] очисних систем і фільтрів не дозволяють докорінно змінити загальну картину. За оцінками порталу [4] на долю паливно-енергетичного комплексу (в подальшому ПЕК) припадає близько 48% викидів шкідливих речовин, 28% скидання забрудненої води, більше 30% твердих відходів і 70% загального негативного впливу на атмосферу шляхом викидів парникових газів. Навіть не дивлячись на величезні штрафи за забруднення відходами ПЕК навколишнього середовища, зараз об'єми викидів кардинально зменшити не вдалося.

Від проблем глобальних поступово слід перейти до локальних питань. А зокрема, до питання: в якому стані на даний момент енергетичний комплекс в Україні? Відповідь на це питання можна знайти у Денисевича К.Б, Сулейманова В.Н, Шиляєва Б.А, Ландау Ю.А, і Неймана В.А. [5]. Енергосистема України умовно, розділяється на 5 локальних округів: Донецький, Київський, Дніпровський, Харківський і Кримський. В центрах цих округів було створено свої обленерго, а загальний керуючий орган отримав назву Національна енерго компанія (НЕК) «Укренерго». Зараз же, фактично, на ринку енергетики в Україні діють монополістичні умови. Основу, фундамент нашої енергомережі утворюють теплові електростанції (ТЕС). Більшість із них працюють на викопних ресурсах, але є і чотири винятки, станції, що виробляють електроенергію з радіоактивних носіїв – атомні електростанції (АЕС). Зокрема і найбільша в Східній Європі у місті Запоріжжя.

Далі приведено схематичну карту [6] на якій можна побачити найбільші електростанції в Україні, які працюють за традиційними правилами, станом на 2018 рік.

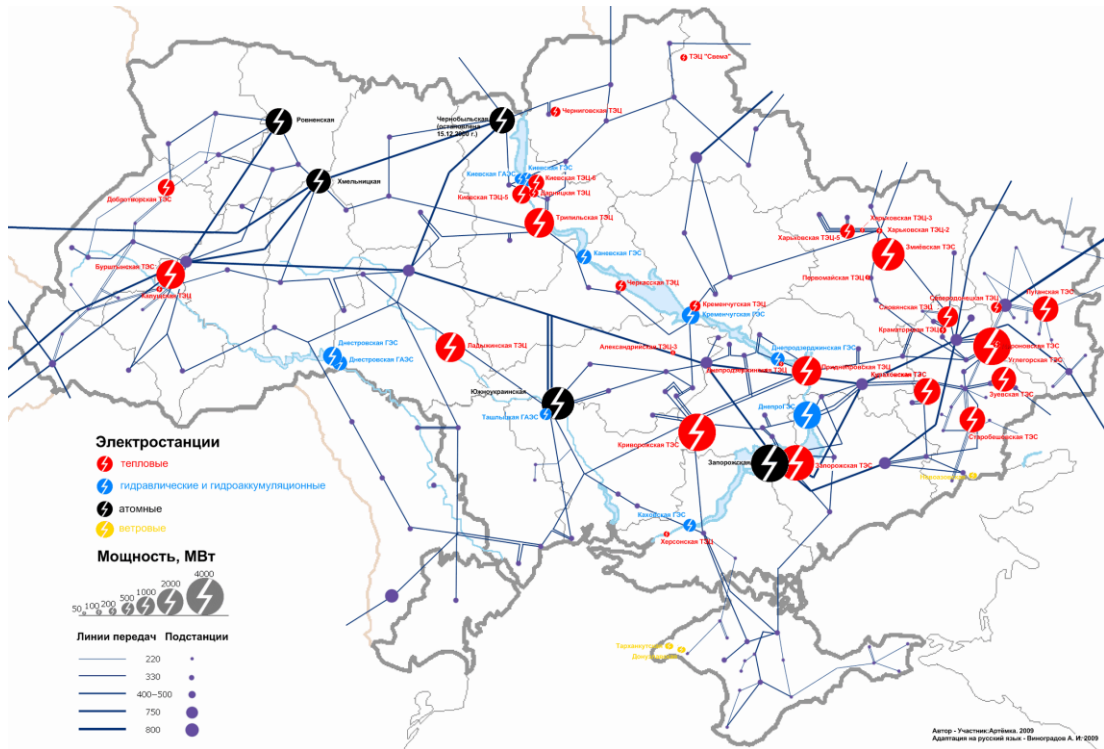


Рисунок 1.1 – Розташування традиційних електростанцій в Україні

Отже, як видно із схеми вище, в Україні дійсно дуже багато об'єктів електроенергії, і, вони справді мають великі розміри. Проте, як вже було сказано вище, така кількість об'єктів енергомережі з вироблення електроенергії дає на виході не лише багато відносно недорогого продукту, яким ми користуємося ледь не щодня, а і великі екологічні, індустріальні та геофізичні проблеми. Коротко по кожному із пунктів перерахованих вище:

Екологічні. Викиди в атмосферу, забруднення навколишнього середовища, зміна клімату. Пагубний вплив на флору та фауну – це лише невеликий список «вихлопу» ПЕКу в Україні.

Індустріальні. Швидкість перехідного процесу на новий, якісно-вищий рівень соціально-економічного розвитку гальмується через, подекуди навіть архаїчні, застарілі методи отримання енергії і розвитку різних груп економічної сфери України. Це і застарілі електромагістралі, обладнання для обслуговування і таке інше

Геофізичні. Це проблеми територіального розташування об'єктів енергомережі, великі відстані між пунктами вироблення і вживання енергії,

проблеми з логістикою і загалом, з транспортуванням енергоресурсів. За великою мірою, на даний момент ми користуємося ще системами у більшості своїй, які були введені в експлуатацію ще при СРСР.

На логічне питання, яке має з'явитись після такої інформації – як з цим бути? Може відповісти донедавна новий, альтернативний спосіб вироблення електроенергії, як – використання відновлюваних джерел енергії: вітру, сонця, людської і сільськогосподарської життєдіяльності.

1.2 Можливості використання відновлюваних джерел енергії в Україні.

За словами Ольховського Г.Г. [7] відновлювані джерела енергії мають невичерпний потенціал. В своїй роботах, автор підкреслює цей фактор, а також дуже часто називає відновлювані джерела енергії (в подальшому ВДЕ) абсолютно незалежними, адже вони не можуть вичерпатися з часом, вони не потребують спеціальних транспортних умов, а найголовніше – ВДЕ і їх видобуток при правильному підході і устаткуванні, під час своєї експлуатації майже не шкодять навколишньому середовищу. Зараз, в Україні, починається свого роду енергетичний «бум» в галузі нетрадиційної енергетики, щоправда вже сьогодні важко так впевнено називати ВДЕ нетрадиційними, як це було ще 5-7 років тому.

Потенціалу [8] ВДЕ в Україні і справді немало. І це без сумніву є позитивним моментом в сфері сучасного шляху розвитку енергетики в Україні. За останній роки, в нашій державі і справді докорінним чином змінилася глобальна стратегія розвитку енергетики. Ключовими об'єктами нових планів є джерела відновлюваної енергії. В.С. Дудюк, Р.Б. Колісник та Прокіп О.В [9] шляхом вивчення еколого-економічних засад використання ВДЕ намагаються підкреслити необхідність і в подальшому продовжувати розвиток даної сфери в Україні.

Лідерами за кількістю виробленої «зеленої» енергії в світі справедливо вважаються вітрові та сонячні електростанції. Гідроелектростанції зазвичай прийнято опускаати в даному випадку, проте екологи в свою чергу називають ГЕС найбільш правильними джерелами відновлюваної енергії [10].

Далі приведено потенціал вироблення електроенергії з енергії вітру і сонячного випромінювання на території України, станом на 2019 рік.

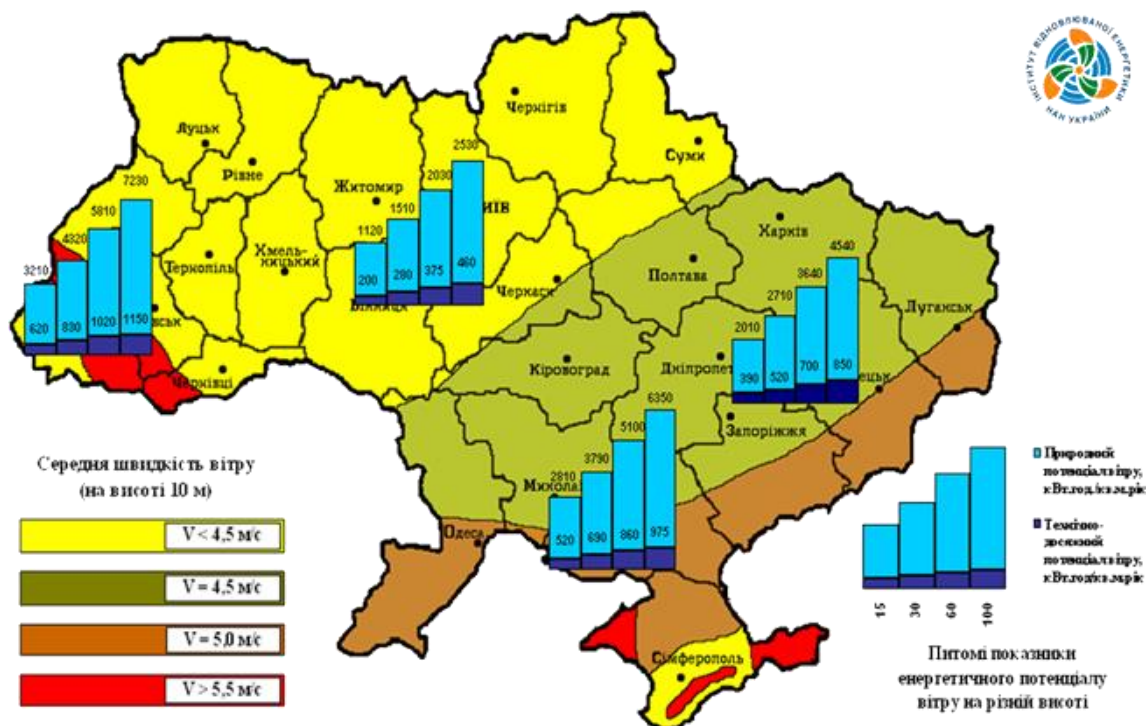


Рисунок 1.2 – Потенціал вітроенергетики в Україні

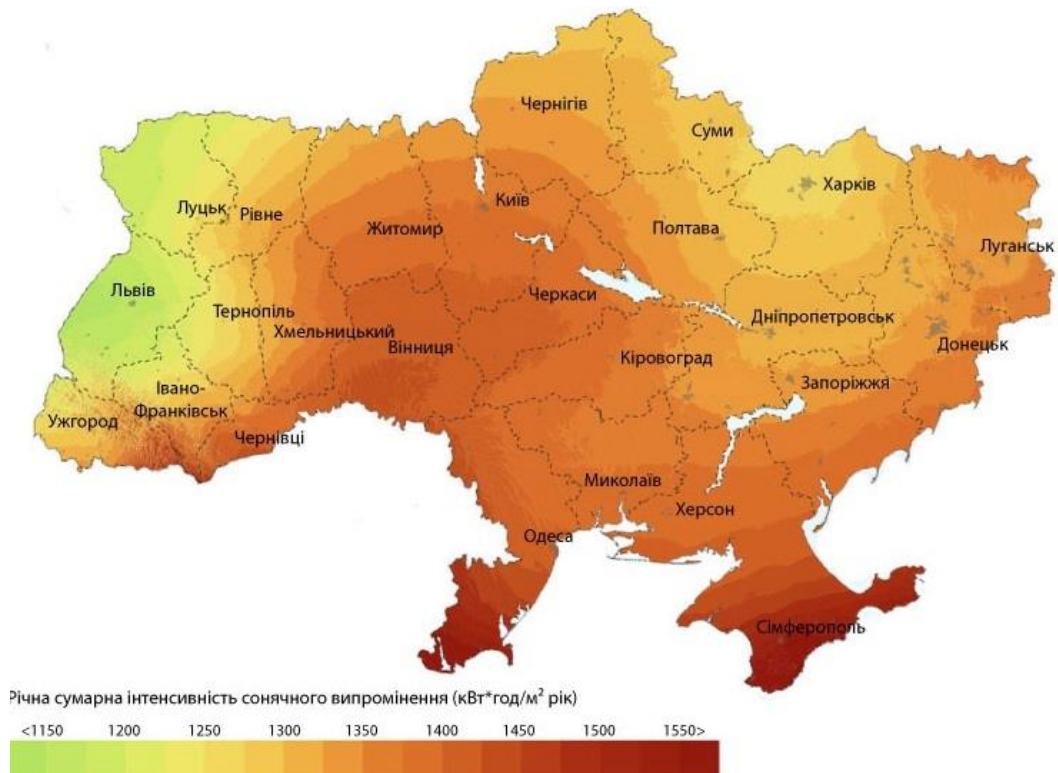


Рисунок 1.3 – Потенціал сонячної енергетики в Україні

Як видно із даних карт, наша держава володіє пристойним потенціалом для використання ВДЕ і з кожним днем вплив даного виду енергії на загальний стан справ в Україні збільшується.

Савенко Б.В. [15] на ряду зі своїми колегами Л.Ю. Матвійчук и Б.П. Герасимчуком вважає, що структура розвитку України в сфері ВДЕ загалом правильно і шлях який ми обрали, а саме інтегрування в Європейську общину, підтверджує наміри нашої держави отримання максимально можливого рівня енергонезалежності. ВДЕ дозволить Україні також значно покращити якість в енергетичній сфері, через привернення іноземного капіталу та покращення інвестиційного клімату. Адже, як вже було зазначено раніше, на даний момент структура енергомереж в нашій державі доволі застаріла, і щорічне збільшення вживання, і, відповідно постачання електроенергії в Україні призводить до перенавантаження енергомережі, що негативно проявляється на якості продукту діяльності паливно-енергетичного комплексу країни. Стабільний перехід на ВДЕ дозволить покращити алгоритм оновлення об'єктів енергосистеми і дозволить

отримати більш якісно-високі показники електроенергії вже через невеликий проміжок часу. На даний момент, як можна побачити на рисунках 1.2 і 1.3 в нашій державі існує низка регіонів, які з економічних міркувань можна назвати найбільш ефективними для впровадження нових станцій з ВДЕ.

Також слід зауважити, що аналіз і систематизація чинників, що визначають розвиток нетрадиційної і відновлюваної енергетики, а також виділення факторів, що впливають на використання даних енергоресурсів не лише на державному, а і на муніципальному рівні призводить до необхідності удосконалення методичних підходів до обґрунтування вибору відновлюваного джерела енергії для муніципальних об'єктів не тільки по еколого-економічним, але і техніко-технологічним критеріям, що сприятиме поширенню використання відновлюваних енергоресурсів в муніципальному секторі відповідних областей.

Відповідно до Закону України «Про альтернативні джерела енергії» [16] до таких джерел віднесені: сонячна, вітрова, геотермальна енергія, енергія хвиль і припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазових, а також вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксовий газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергетичного потенціалу технологічних процесів. Тобто, очевидно, що регулювання на державному рівні вже здійснюється, і, що добре, воно направлене в правильний бік, в бік розвитку, проте сьогодні ще існують дуже багато правових і юридичних чинників, які підлягають редагуванню або перегляду, якщо не взагалі – відміні.

Існують також і стимулюючі фактори впливу на розвиток ВДЕ в Україні, найяскравішим таким чинником справедливо можна вважати «Зелений тариф» на об'єкти нетрадиційної енергетики [17]. Ставка Зеленого тарифу на енергію, що видобувалася на сонячних електростанціях (СЕС), а в подальшому мова піде саме про сонячну енергетику, станом на 1.10.2019 року становить 18 євроцентів/кВт*год, для приватних домогосподарств, потужність установок яких не перевищує 30 кВт. І, вартість однієї кіловат-години встановлена на рівні 0,16

євро для промислових станцій, а для тих, які будуть побудовані протягом 2017-2019 років, вона буде становити 15 євроцентів.

Також, держава стимулює використання вироблених в Україні частин електростанцій, технічних засобів, обладнання, матеріалів, транспортних послуг, та інших умовностей для врегулювання та відлагодження роботи станцій ВДЕ, задля заохочення використання національних виробників в якості основних постачальників.

На основі аналізу використання ВДЕ і відкриттів в цій сфері, можна зробити певний висновок, що регіони нашої країни віддають перевагу підлаштуванню вже існуючих технологій під свої потреби. Проте, існуючі тренди, де більшим попитом користуються саме СЕС, не є аж ніяк нічим поганим. Але, всі позитивні і негативні сторони даного питання будуть розглянуті далі.

Завершуючи вступний цикл технологій і способів впровадження ВДЕ, слід додати, що у техніко-технологічному плані найбільш динамічно розвиваються такі види відновлюваних енергоресурсів як: вітроенергетика, біоенергетика, сонячна енергетика і використання кінетичної енергії водної течії.

Експерти дотримуються думки, що якщо ми припинимо розвиток і впровадження нових технологій в енергетичній сфері, це надзвичайно погано вплине не лише на шлях України до ЄС, а і може запустити процес децентралізації енергосистеми і отримання енергетичної незалежності в інший бік, тим самим, буквально, знищивши всі старання, що були прикладені до цього [18].

Отже, якщо зробити певний підсумок всього вище сказаного, то очевидно, що наша держава потребує не лише підтримки ззовні, а і з середини, зокрема в енергетичній сфері, як в глобальному, так і в локальному середовищі, муніципалітетів, громад, тощо. Тому, новітні впровадження і пошук нестандартних рішень є основоположними чинниками на шляху до незалежного у всіх планах майбутнього.

1.3 Сонячна електростанція в Україні. Процес роботи і обумовлення вибору місця розташування

Давно ні для кого не секрет, що енергоспоживання в нашій країні рік від року все росте і росте, і темпи зростання аж ніяк невітніші, з точки зору енергопостачання і вироблення. При цьому, як і сто років тому, головним джерелом енергії для людей, не тільки України, а й усього світу служить викопне паливо, і це не дивлячись на те, що енергія атома вже понад півстоліття як освоєна, однак частка її до сих пір не перевищує і 12%. Коли атомна енергія була приборкана людиною, здавалося, що тепер то точно викопне паливо буде витіснене як основний енергетичний ресурс, однак цього, на жаль, не відбулося.

Проте, як вже згадувалося раніше, з'явилася чудова альтернатива в прямому сенсі цього слова. ВДЕ – відновлювані джерела енергії, зокрема, енергія сонячного випромінювання. Зараз структура створення сонячних панелей і вироблення енергії за допомогою нашого світила, кардинально відрізняється від своїх перших прототипів. Зокрема на зорі свого зародження, фотоелектричні модулі для перетворення енергії світла в електричну, виробляли з Селену, на даний же час найпоширенішим матеріалом є Кремній. Також останніми роками доволі швидко прогресують модулі із Арсеніду-Галлія, проте поки-що вони не можуть похизуватися таким ж показниками як кремнієві елементи.

Структура сонячних панелей така, сонячна панель, це – об'єднання фотоелектричних перетворювачів (фотоелементів) – напівпровідникових пристроїв, що прямо перетворюють сонячну енергію в постійний електричний струм, на відміну від сонячних колекторів, що нагрівають матеріал теплоносія [19]. Основний процес вироблення електроенергії, став можливим завдяки Р-Н переходу. При поєднанні даних приладів, ми зможемо досягти великих успіхів у виробництві дешевої і якісної електроенергії, тим самим покращити екологічну ситуацію не лише в Україні, а і в цілому світі, збільшити енергетичний потенціал усієї планети, тому що, головною рушійною силою в цьому аспекті є доступність енергоносія, яким в свою чергу є саме Сонце, що дарує нам своє тепло і випромінювання в незалежності від територій і кордонів країн. Звичайно тут є

свої аспекти кількості сонячного випромінювання, показники якого для України наведені на Рисунку 1.3, але, фактично, сонячне випромінювання, або ще його називають інсоляцією, доходить до всієї поверхні нашої планети.

Далі, хотілося б сказати декілька слів, про сам процес перетворення енергії сонячних променів на електричну, на прикладі найпопулярнішої і найпродуктивнішої можливості створення енергії, за допомогою напівпровідникових діодів на базі Кремнію.

1.3.1 Кремнієві сонячні панелі

Сьогодні для функціонування СЕС застосовуються напівпровідникові фотоелементи, які представляють собою напівпровідникові діоди великої площі. Напівпровідник - це такий матеріал, в атомах якого або є інші електрони (n-тип), або навпаки, їх не вистачає (p-тип). Відповідно, напівпровідниковий фотоелемент складається з двох шарів з різною провідністю. В якості катода використовується n-шар, а в якості анода - p-шар. Зайві електрони з n-шару можуть залишити свої атоми, тоді як p-шар ці електрони захоплює. Саме промені світла «вибивають» електрони з атомів n-шару, після чого вони летять в p-шар займати порожні місця. Таким способом електрони бігають по колу, виходячи з p-шару, проходячи через навантаження і повертаючись в n-шар. ККД кремнієвої сонячної батареї - близько 18%, а в новітніх розробках до 25%. Проте, чому ж ККД настільки низький? Для того щоб сформувати електронно-діркову пару, потрібна певна енергія. Якщо пучок світла має малу енергією, то генерації пари не відбудеться. В цьому випадку світло просто пройде крізь кремній, як крізь звичайне скло. Ось чому кремній є прозорим для інфрачервоного світла далі 1,2 мкм. Якщо ж світловий промінь прилетить з більшою енергією, ніж потрібно для генерації (зелене світло), пара утворюється, але надлишок енергії просто піде в нікуди. При синьому і ультрафіолетовому світлі (енергія якого є дуже високою), світло може не встигнути дістатися до самих глибин p-n переходу. Для того щоб сонячне світло не відбивався від поверхні сонячної батареї, на неї наноситься

спеціальне проти-відбивне покриття (таке покриття наносять і на лінзи фотооб'єктивів). Текстуру поверхні роблять нерівною (у вигляді гребінки). В цьому випадку світловий потік, відбившись від поверхні один раз, повертається знову. ККД фотоелементів збільшують, комбінуючи між собою фотоелементи, на основі різних напівпровідників і з різною енергією, необхідною для генерації пари електрон-дірка [20] і [69].

1.3.2 Потенціал сонячної енергетики

Група вчених з Лаппеенрантського технологічного університету (Lappeenranta University of Technology - LUT) та німецька Energy Watch Group оприлюднили своє чергове, нове дослідження, що повинно описати плавний перехід енергетичної системи, до того моменту, коли вона почне працювати лише на відновлюваних джерелах енергії до 2050 року «Global Energy System based on 100% Renewable Energy – Power, Heat, Transport and Desalination Sectors» [21].

Відповідно до інформації даного джерела, моделюється ситуація, що показує зростання кількості споживання електроенергії до 2050 року в 5 разів. А відновлювана енергія буде вироблятися децентралізованими регіональними та локальними джерелами. Але найголовніша інформація, екологічна, показує, що тим самим це дозволить по справжньому зупинити глобальне потепління і зупинити його на позначці незначного зростання в порівнянні з нашими днями, всього на 1,5 градуси Цельсія.

Загалом, на долю сонячної енергетики припадає близько 70% всього вироблення електроенергії, за нею вітер – 18%, біоенергетика – 6%, ГЕС – 3% і геотермальна енергія – 2% відповідно. Всю цю інфографіку можна побачити нижче [21].

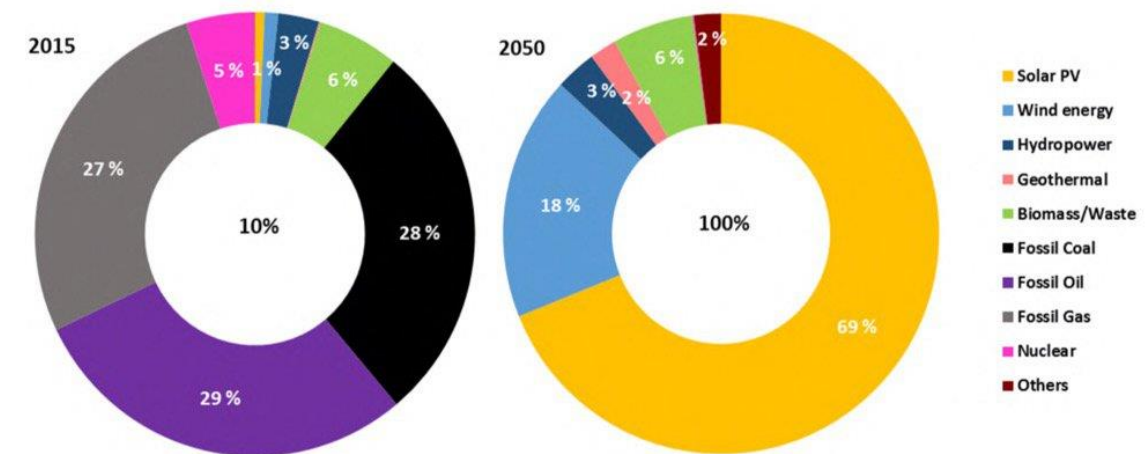


Figure KF-2: Shares of primary energy supply in 2015 and 2050.

Рисунок 1.4 – Порівняння основних видів електроенергії в 2015 і 2050 році.

Відповідно до інформації [22] даного звіту, вже через 15-20 років, сонячна енергетика на ряду з вітровою стане новими основними джерелами електроенергії в світі.

Також, неймовірних показників досягнуть способи зберігання електроенергії. До 23 % споживання енергії буде забезпечуватися через промислові накопичувачі. 40% світового тепла буде поступати від теплових насосів районного та індивідуального рівнів.

Не менш важливим, є фактор зменшення негативних викидів парникового газу джерел енергомережі до 1%.

Але, так чи інакше, це не є офіційним прогнозом розвитку, загалом ці доповіді і лекції були присвячені тому, щоб показати можливості енергосистеми на основі ВДЕ. І, як виявилось, цей потенціал зеленої енергетики і справді вражає. Вже зараз в провідних країнах світу уряди серйозно підходять до планів розвитку ВДЕ, а інвестори з кожним новим фінансовим кварталом вкладають все більше в цей сектор енергопромисловості.

Щодо світового ринку сонячної енергетики, то, як не дивно перші місця займають якраз європейські держави. Проте, за даними звіту Міжнародного енергетичного агентства, в найближчі роки генерація електроенергії сонячних

електростанцій, саме країн Азії та Північної Америки і Австралії, повинна виходити на перші місця, адже в даних місцях спостерігається «бум» в цій галузі. Американські і Китайські виробники комплектуючих, а зокрема сонячних панелей, наводнюють світовий ринок із неймовірною швидкістю і, що не дивно, якістю обладнання, а трансатлантичні корпорації стають власниками фірм і агентств, що займаються виробництвом сонячної електроенергії. В результаті світові темпи зростання потужностей СЕС (майже 50% щорічно) значно перевищують темпи розвитку інших традиційних та альтернативних джерел енергії. І хоча зараз частка її в світовому споживанні становить близько 3%, при збереженні нинішніх темпів розвитку вже через 12 років потужності СЕС було б достатньо для задоволення всієї потреби землян в електроенергії (без урахування приросту споживання). При цьому тенденція, що спостерігається з початку століття, свідчить про випередження розрахункових прогнозів реальною дійсністю: в 2006 р International Energy Agency (IEA) прогнозувало досягнення 2030 р. сумарної потужності геліостанцій 87 ГВт*пік, але цей рівень був перевершений вже в 2012 році. Тому, точно передбачити можливі цифри в 2030 році достатньо важко, тому що існує дуже багато змінних, котрі можуть вплинути кардинальним чином на загальне рівняння. Проте поки що, динаміка, що була зпрогнозована ще в 2017 році йде за планом, з невеликими відхиленнями в 3-4%.



Рисунок 1.5 – Прогноз збільшення кількості вироблення електроенергії з сонячного випромінювання на всіх СЕС в світі, у ГВт-пік.

Настав час, підбити підсумки з точки зору плюсів і мінусів загальносвітової сонячної енергетики.

Отже, до переваг енергії СЕС слід віднести:

- *Екологічність*, так як під час експлуатації СЕС не відбувається нанесення шкоди навколишньому середовищу у стандартному розумінні;
- *Інноваційність*, під час введення в експлуатацію сонячної електростанції з певним технологічним процесом і набором технічних елементів, вже розробляється більш якісний, новий спосіб;
- *Якість електроенергії*, через те, що ВДЕ не може нормально функціонувати без сучасних технологій, якість продукту на виході (електроенергія) дійсно високого рівня.

До очевидних недоліків віднесемо:

- Дороговизна в порівнянні з традиційними видами електростанцій;
- Проблеми з накопиченням і витрачанням, а також докорінно не внесено ніяких змін в можливість акумулювання надлишкової енергії;
- Недосконале вивчення можливостей перетворення енергії;
- Не надто високий (поки що) ККД, і займання великих площ;

Тобто, в підсумку, ми бачимо, що екологічний аспект є одним із найперспективніших в сфері використання ВДЕ, але в той самий час негативом в галузі відновлюваних джерел, а зокрема в сонячній енергетиці, вважається саме примітивна технологія її виробництва і значні затрати на пошук нових джерел на її вирішення. Також є прогнози, в яких йдеться про те, що максимальний ККД який можуть внести сонячні електростанції у світовий енергобаланс, ніколи не перевищить 10-15%.

1.3.3 Стан сонячної енергетики в Україні

Для початку, слід зазначити, що і Україна знаходиться в світовому тренді стимулювання розвитку сонячної енергетики. Це виражається хоча б у тому, що рівень встановленого урядом «зеленого» тарифу на сонячну енергію залишається

привабливим серед країн, що розвивають технології СЕС (навіть після його зниження в зв'язку з прийняттям Закону №514 «Про внесення змін до деяких Законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел»). Розвиток технологій в області ВДЕ може, і дозволяє, переходити на більш якісний рівень генерації в області відновлюваних джерел і тим самим покращувати загальний стан справ в енергомережі. Проте, одним із найважливіших факторів, що впливають на СЕС в Україні – є природний. Адже прогнозування можливої кількості вироблення електроенергії на сонячній станції здійснюється на основі і погодних даних, таких як: кількість сонячних днів на певній території, можливі опади, тощо. Тому прогнози природних явищ, а також збір і використання відповідної статистики для всіх регіонів України є вкрай важливим фактором під час вибору місця і безпосередньо проектуванням СЕС.

Саме тому, сам факт дослідження можливості використання ВДЕ на певній території є необхідним ресурсом даних для подальших розрахунків [23].

Цей фактор, поряд з незмінністю правил, що були одного разу встановлені і залишаються такими для вже побудованих і введених в експлуатацію об'єктів СЕС, - дуже важливі умови успішного інвестування в розвиток інфраструктури сонячної енергетики. Сучасною тенденцією є швидке розширення сфер використання сонячної електроенергетики як для централізованого вироблення електроенергії на сонячних електростанціях, так і в індивідуальних системах електропостачання громадських і власних будівель. В Україні склалися надзвичайно сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний, технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний 6 млн. т у. п., його використання дозволило б замінити біля 5 млрд. кубічних метрів природного газу.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 метр квадратний поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070 кВт*год/м² в її північній частині до 1400 кВт*год/м² і вище на півдні України[13]. Дані цифри дуже точно відображені на Рисунку 1.3

Для того аби відповісти на запитання, чому ж СЕС для України є такими важливими і перспективними рішеннями багатьох проблем, можна просто згадати, що в сільському і тепличному господарстві, у сфері телекомунікацій, в транспортних сполученнях, використання сучасних технологій на базі сонячних панелей є найбільш економічно вигідним або взагалі єдино доступним способом автономного енергопостачання.

У багатьох регіонах України вже нормою стали часті відключення електроенергії, що для дрібного фермера, виробника або торговця небезпечно або навіть згубно. На жаль, сьогоденне нестійке становище держави в цілому, військова загроза, поділ лінією фронту Об'єднаної енергетичної системи України легко можуть привести до повсюдної нестабільності енергопостачання.

Крім того, випереджаючими темпами розвивається споживча інфраструктура в регіонах, де ще немає або в принципі не є рентабельною можливість зводити лінії електропередач. У всіх цих ситуаціях сонячні системи енергопостачання незамінні.

Три основні чинники обумовлюють постійне зростання привабливості і вигідності СЕС: 1) неухильне зниження цін на сонячні панелі; 2) збільшення ККД сонячних модулів на 2-4% щорічно; 3) зменшення масштабів СЕС, в результаті чого зменшуються питомі витрати на виробництво 1 кВт*год.

Якщо додати до цього ще вищеперераховані дотації від держави, отримаємо неймовірно привабливий інвестиційний майданчик для всіх бажаючих, що володіють відповідною матеріальною базою.

Відновлювана енергетика в Україні швидко перетворюється в бізнес, доступний кожному. Іноді навіть виявляється, що виробляти енергію вигідніше, ніж займатися сільським господарством та багатьма іншими давно відомими видами діяльності. Фактично, кожен гігават нових сонячних станцій може принести українській економіці \$ 1 млрд інвестицій. Але що ж так заважає нашій державі вступити в світову лігу виробників і головних постачальників альтернативної електроенергії? За останні роки в Україні з'явилося кілька десятків невеликих сонячних станцій потужністю від 1 до 20 МВт. У 2016 році

було введено 120,6 МВт потужностей об'єктів відновлюваної електроенергетики (в 4 рази більше, ніж в 2015-му). З них 99,1 МВт – це саме сонячні електростанції – за інформацією Держенергоефективності [29]. З кожним роком кількість введених, тільки офіційних джерел відновлюваної енергетики збільшується в рази. Навіть не зважаючи на, перший погляд, негативні зміни в законодавстві України, [24] що фактично мають заборонити будівництво наземних СЕС в приватній власності біля фасаду будинку, проектів дахових і промислових електростанцій все більше.

Зараз інвестиції в 1 МВт потужності в Україні коливаються на рівні 0,75–1,05 млн євро. Проте, найімовірніше, що обладнання для сонячних станцій буде падати в ціні з кожним роком, так як на сонячні станції великі плани у Китаю – гіганта світової економіки Такий план передбачає величезний обсяг інвестицій в енергетику. Сектор сонячної енергетики в Україні має високий інвестиційний потенціал. Удосконалення технологій вивело сонячну генерацію в лідери за приростом потужностей не тільки в Україні, але і в світі.

Щодо негативних чинників розвитку України в цілому і енергетики зокрема, і сегменту ВДЕ, то, мабуть головне це те, що станом на 2019 рік в на території держави тривають бойові дії. Українська влада не повністю контролює території Донецької і Луганської областей, також і досі триває окупація Криму. На пів-острові до слова, раніше знаходилися значні об'єкти ВДЕ, проте тамтешня влада довела їх до занепаду, тобто фактично знищила. Проте, навіть не зважаючи на це, інвестиційний клімат за рахунок проведених реформ поліпшується і привабливість для інвесторів або зростає, або принаймні залишається на стабільному рівні.

Щодо майбутнього СЕС в Україні, як сегмента енергетики. Не зважаючи на всі перераховані чинники вище, найголовнішими все таки залишають рішення влади стосовно даної гілки розвитку. І вже зараз, весь ринок сонячної енергетики працює в певній атмосфері невизначенності. Сергій Євтушенко [25] вважає, що в нашій державі сонячна енергетика може легко потрапити в зону ризику через сумнівні рішення керуючих органів в державі. Але навіть не зважаючи на це, на

кінець 2019 року, в «KNESS» вважають, що потужність всіх, введених в потужність СЕС, складе близько 2,5 ГВт потужності. У підсумку, експерти прогнозують позитивне майбутнє для сонячної енергетики в Україні.

Основні негативні чинники пропонується переглянути нижче:

- так звану «сезонність» вироблення енергії (а саме незначні показники в період листопад – січень);
- зниження зеленого тарифу для вже побудованих електростанцій. А в майбутньому взагалі його відміна (до 2030 року). А це вже негативно відображується на активності ймовірних інвесторів;
- Чималий термін окупності (до 5–10 років, а подекуди і більше);
- Поганий загальний стан держаної системи електропостачання і енергосистеми, електричних мереж та ін., більшість з яких банально не пристосовані до сучасних умов і є радянськими пережитком минулого;
- втрата (тимчасова) великих територій, ділянок і вже споруджених станцій через агресивне розширення країни-сусіда (Крим, Донбас, Луганщина);
- і звичайно недосконалість, як правової системи, так і нормативної бази регулювання даного ринку з боку держави

1.4 Локальна сонячна електростанція з нестандартним розташуванням

На території України, навіть з урахуванням сьогоденного збройного конфлікту існує неймовірно велика кількість місць, територій і площ використання яких необхідне для будівництва СЕС. Зазвичай використовують непридатні місцини для аграрної обробки, території на яких понад 4 роки не велися ніякі господарські роботи, землю насичену різними речовинами, що пригнічують її родючість, покинуті місця. Все вище перераховане стосується промислових масштабів будівництва станцій. Стандартна, класична сонячна електростанція зазвичай розташовується на поверхні землі та кріпиться на спеціальних опорах або трекерах. Говорячи про приватне будівництво СЕС для

власного користування, то це зазвичай дахові станції, а з урахуванням останніх поправок в закон [24] про електроенергію, зокрема щодо сегменту СЕС, дахові станції повинні стати безальтернативними для використання задля власних потреб.



Рисунок 1.6 – Найбільші сонячні електростанції України

На рисунку 1.6 можна спостерігати найбільші СЕС України станом на 2019 рік. За даними експертного складу [26] головне, що слід розуміти, це те, що основний вплив на продуктивність сонячної електростанції робить кількість сонячної радіації, а не температура повітря. У зимовий час, при чистому небі, виробництво електрики вище, ніж в весняні похмурі дні. Додаткову надбавку генерації в зимовий час може забезпечити сніговий покрив за рахунок «перевідбиття» сонячного випромінювання. Ця надбавка особливо відчутна, якщо встановлені двосторонні сонячні панелі.

Принцип розрахунку, проектування і будівництва сонячних електростанцій, це роками відпрацьована технологія, яка при масовому переході на сонячну енергетику загрожує забуттям багатьом тисячам гектарів родючої

(або придатної для будівництва) землі. Даний аспект вже досить давно розглядається в державах з обмеженими земельними ресурсами, Японія, Великобританія. Альтернативою в такому випадку може слугувати плавуча СЕС. Плавуча сонячна електростанція – це комплект сонячних панелей, закріплених на плаваючих платформах. Не обов’язково це має бути дрейфуюча платформа, достатньо звичайного плаваючого масиву на основі понтонів. Існують, щоправда, деякі обмеження, головне з яких стосується типу водної гладі. Для облаштування плавучих сонячних електростанцій краще підходять внутрішні водойми, на які хвильові навантаження протягом року зведені до мінімуму. Також, цю понтонну конструкцію можна використовувати і на таких ділянках як: затоплені кар’єри або інші місця які залишилися після завершення видобувної діяльності, водосховища, різні рукотворні водойми, хвостосховища від гірничо збагачувальних сегментів промисловості.

Коротка характеристика представлених місць буде виглядати наступним чином.

Кар’єри. Під цим словом існують одночасно декілька понять. Два головні з них, це – сукупність відкритих гірничих робіт для розробки родовища корисних копалин. І, це може бути гірниче підприємство з видобутку корисних копалин [28]. Зазвичай після свого використання, кар’єри залишають у тому стані в якому вони були (за певних умов). В результаті цього і дії водних мас вони можуть заповнитися певним рівнем води.

Далі буде приведено кар’єр, що знаходиться у виробничому процесі одного із промислових сегментів України і, відповідно, покинутий, затоплений кар’єр. Ці фото було взято із відкритих джерел.



Рисунок 1.7 – Кар’єр Полтавського гірничо-збагачувального комбінату

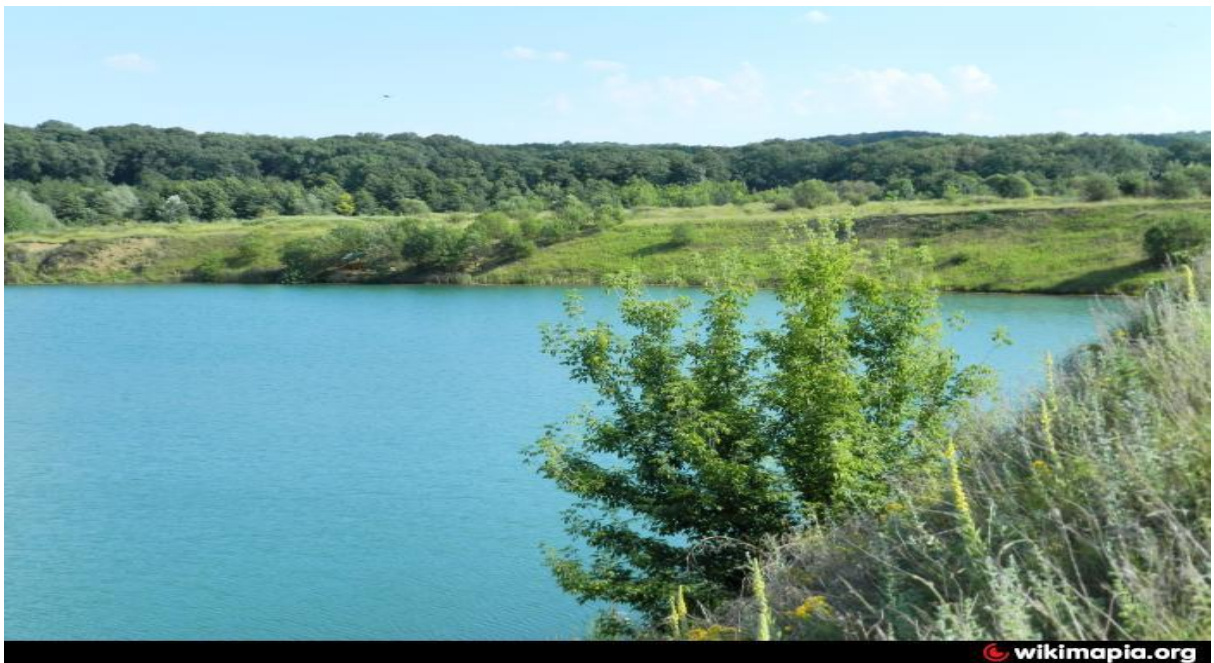


Рисунок 1.8 – Затоплений кар’єр в Могилівці, Вінницька область.

Як видно на представлених фотографіях [30] кар’єри, чия площа може досягати сотень Га, являють собою чудові об’єкти, що можна використовувати

як майданчик для будівництва плавучих СЕС. Після закінчення експлуатації, вони зазвичай залишаються у приватній власності, але є винятки коли кар'єри переходять у розпорядження держави і в них формують заповідні зони. По суті, це є головними проблемами під час перед-проектного періоду розробки моделі СЕС, адже знайти компроміси і отримати можливість використання даної ділянки під потужності сонячної станції проблематично і доволі дорого. Також проблема екологічної обстановки впливає на вибір саме кар'єрних ділянок, тому що, давно покинуті виробітки земельних порід вже встигають перетворитися на ареал проживання або міграції різних представників флори та фауни.

Водосховища. Штучна водойма, можливо озеро, що створена за допомогою греблі задля врегулювання стоку води для роботи ГЕС чи з іншої господарської потреби. Площа тільки найбільших водосховищ в Україні сягає 7351 квадратних кілометрів і найбільший зиск використання водосховища як майданчика під влаштування плавучої СЕС є в тому, що в водосховищах, як у внутрішніх водоймах, хвильові навантаження протягом року зведені до мінімуму, за винятком транспортних маршрутів великих суден. Більш детально проектування плавучої СЕС було розглянуто в моїй бакалаврській роботі «Розрахунок і проектування плавучої сонячної електростанції в умовах Кам'янського водосховища» 2018 року.

Хвостосховища. [28] це гідротехнічна споруда, комплекс спеціальних споруд та обладнання, які призначені для складування або захоронення радіоактивних, токсичних та інших відвальних відходів збагачення корисних копалин. На гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) зі добутої руди отримують концентрат, а відходи переробки переміщують у хвостосховища. Хвости надходять у вигляді пульпи (пісок, вода). Даних споруд для промислових відходів або їх подальшого використання чи переробки, в Україні, існує велика кількість. Так загальна [32] площа всіх хвостосховищ, за винятком уранових, складає 2,44 млн квадратних метрів. Найбільші, локальні хвостосховища знаходяться у розпорядженні таких промислових підприємств як:

Південний гірничо-збагачувальний комбінат – ПАТ «ПВДГЗК», м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область[33].



Рисунок 1.9 – Хвостосховище «ПВДГЗК» м. Кривий Ріг

Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат — підприємство титанової промисловості України. Розташоване поблизу смт Іршанська, Хорошівського району, Житомирської області [34].

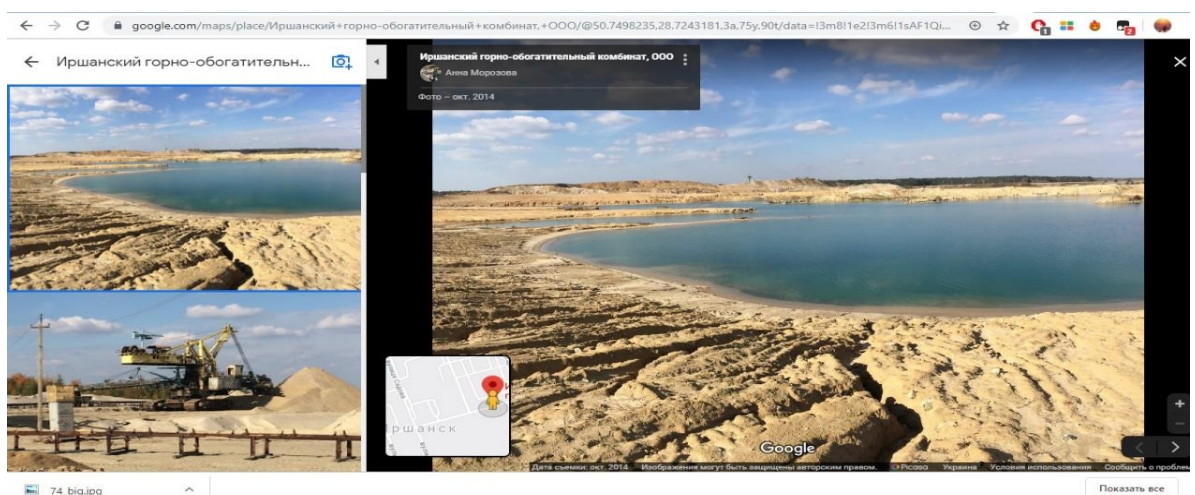


Рисунок 1.10 – Іршанський ГЗК і хвостосховище.

Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат (ПГЗК). [35] підприємство в м. Горішні Плавні, Полтавської області, приватне акціонерне товариство, найбільший український експортер залізрудних котунів до Європи. Входить до групи підприємств «Ferrexpo».



Рисунок 1.11 – Хвостосховище ПГЗК.

Фото взято із ресурсу [36].

Розглянувши фото вище, можна побачити достатньо великі площі, що зайняті хвостосховищами, саме на цих територіях і пропонується до проектування плавуча сонячна електростанція.

Якщо не брати до уваги наведені приклади розташування плавучої СЕС, до них же можна ще додати такі ділянки на території України як: заболочена місцевість, озера і ставки, території сміттєвих полігонів (для наземних СЕС) та багато інших. Головна ідея вибору такого нестандартного місця розташування сонячної електростанції полягає в тому, що тим самим ми отримаємо можливість використати непридатні земельні або водні ділянки, перетворивши їх цим на, важливі сегменти енерго-економічної системи України. Також, це зменшення використання під забудову, об'єктами енергомережі, сільськогосподарських та інших аграрних угідь. В подальшому подібні проекти збільшать можливості децентралізації енергосистеми і дозволять будувати автономні сегменти

вироблення електроенергії на основі ВДЕ, як в локальних, так і в глобальних межах, що в свою чергу повинно позитивно вплинути на загальний стан всієї енергетичної мережі України (від вироблення енергії, до її транспортування і покращення якості).

Стосовно суб'єктивного обґрунтування пропонованого місця розташування плавучої СЕС, можна також виділити негативні і позитивні сторони. До негативних чинників, безпосередньо, розташування плавучої сонячної електростанції на базі хвостосховища віднесемо:

Ризик екологічної катастрофи, в разі виходу важкої води без переробки до відкритої екосистеми. Адже СЕС планується розміщати на додатковій платформі, що може зашкодити встановленому технологічному процесу на виробництві в гірничо-збагачувальній галузі [37].

Загроза враження електричним струмом, такий ризик завжди існує при впровадженні електроенергетичних об'єктів біля водного середовища.

Загроза людському життю, з тих самих причин.

Складність будівництва і процесу запуску в експлуатацію СЕС. Тут все просто, адже технологічний процес на ГЗК відбувається постійно, це означає, що будівництво і подальша робота плавучої СЕС буде відбуватися паралельно роботі видобувного комбінату. Проте ця проблема частково вирішується правильним плануванням проведення робіт і відповідним створенням проектів і логістичних маршрутів.

Можливість виходу з ладу за рахунок впливу людського фактору. Ненавмисне (або навмисне) нанесення фізичної або іншої шкоди, яка зможе негативно повпливати на технологічний процес.

Негативних чинників чимало, проте більшість з них (окрім, що викликані природою) мають змогу не відбутися при точному і тверезому підході до справи, від перших розрахунків площ і потужностей, до моменту вводу в експлуатацію.

До позитивних сторін, звичайно, слід віднести такі моменти як:

- Можливість локального вироблення електроенергії на основі відновлюваних джерел;

- Покращення екологічного становища в регіоні. І це не просто слова заради слів, адже така конструкція плавучої СЕС дозволить зменшити викиди шкідливих речовин із важкої рідини, що знаходиться в хвостосховищі, також зменшення випарування самої води;
- Можливість на протязі цілого року використовувати хвостосховище, адже температура від сонячних панелей під час роботи дозволить йому не замерзати в холодну пору року. Також сама рідина буде стримувати нагрівання фотомодулів в допустимих межах під час найбільших показників температури, (травень – червень).

В нашій державі подібних, «живих» проектів ще не реалізовано, проте в майбутньому це можливо зміниться.

Висновок по розділу

Підбиваючи підсумки необхідно сказати, що сенс розміщення плавучої СЕС в Україні, полягає у необхідності знаходження альтернативних рішень в галузі сонячної енергетики. Чисельні земельні площі в нашій аграрній державі можна зберегти таким шляхом. Розташовуючи СЕС на воді, в безпосередній близькості до промислових енергоприймачів, як наприклад хвостосховище Полтавського гірничо-збагачувального комбінату, можна покращити якість напруги, оскільки відстань від джерела до приймача мінімізована. Накривши частину водного резервуару плавучою платформою, також, його можна стабілізувати, зменшити коливання водної гладі, і, у випадку із технологічним процесом ГЗК, зменшити його негативний вплив на навколишнє середовище. Фактично всі вищенаведені ризики достатньо легко ліквідуються ще на етапі проектування та монтажу станції. Отже, зрозуміло, що цей проект є непоганою альтернативою класичній сонячній станції на землі (грунті) і при правильному підході відкриває нові території на спорудження СЕС в Україні та нові можливості для сонячної енергетики в регіоні. Про автономність локальних районів на території України також було вказано вище в цій роботі.

РОЗДІЛ 2

ОБУМОВЛЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ПЛАВУЧОЇ СЕС

2.1. Географічні і фізичні умови розташування сонячної електростанції

Згідно з ідеєю, приведеною раніше, сонячну електростанцію планується збудувати в нестандартних умовах, а саме на площині хвостосховища Полтавського гірничо-збагачувального комбінату у м. Горішні Плавні.

За інформацією із надійних джерел, технологічний процес на даному сховищі не буде заважати процесу будівництва і експлуатації плавучої СЕС, і навпаки, сонячна станція не буде заважати технологічному процесу на хвостосховищі.

Загалом, технологічний процес роботи хвостосховища полягає в наступному: так як, зазвичай хвостосховища споруджують в декількох кілометрах від гірничозбагачувальної фабрики, в пониженнях рельєфу - улоговинах, ущелинах, розпадках, це допомагає з хвостів наливати дамбу, якою огорожується хвостосховище. При відстоюванні йде поділ на осадову тверду фазу хвостів і воду. Вода вдруге використовується збагачувальною фабрикою або очищається і скидається в стоки. Для поліпшення процесу поділу фаз можуть застосовуватися реагенти - коагулянти і флокулянти* [38].

За способом заповнення хвостосховище є наливним, з картовим наливом. Технологія картового наливу забезпечує можливість формування пляжів по всій довжині дамб нарощування, росту рівня пляжів над рівнем води в хвостосховищі, створення кар'єрів хвостів для будівництва наступних ярусів нарощування. Карти наливу складаються з дамб обвалування (огорожувальних), перемичок між картами та внутрішніх дамб.

**Коагуляція або флокуляція – фізико-хімічний процес злипання дрібних частинок речовин дисперсних систем в більш великі, під впливом сил зкріплення і подальше поєднання в згущених структур.*

За даними [39], в зв'язку з утворенням похилу намівного пляжу з хвостів, внутрішні дамби картового наміву відсипаються на 0,50 м. нижче огорожувальних дамб. Процес очищення води полягає в фільтрації її без зовнішнього втручання, тобто ніякі очисні споруди не збурюють верхню частину рідини.

Для найбільш економічного будівництва внутрішніх дамб картового наміву або інших технічних споруд у чаші хвостосховища необхідно виконати підготовку основи в чаші хвостосховища. Влаштування основи в чаші хвостосховища передбачено відсипанням перемичок та внутрішніх дамб з відвальних скельних порід, шириною 6,0 м.

Комплекс по фільтрації і складуванню залізорудного концентрату розміщується на вільній від забудови території на сході від існуючої технологічної естакади пульпопроводів, північніше від цеху виробництва окатишів. Таке розміщення забезпечує зручне постачання комплексу пульпою від існуючих пульпопроводів і після її зневоднення подачу концентрату в цех з виробництва окатишів конвеєрним транспортом. Будівництво комплексів передбачено в межах існуючої території підприємства, що не призведе до зміни розміру встановленої санітарно-захисної зони 1000 м. Комплекси розміщуються так, щоб об'єднати їх в єдину технологічну лінію з діючим підприємством і пов'язаним єдиним технологічним процесом. Ємність 510 млн. метрів кубічних, параметри дамби: максимальна висота 100 м, довжина 4 км. Це значить, що станцію необхідно розмістити так, щоб вона знаходилася в рамках самого підприємства ГЗК і стала частиною його технологічного процесу і санітарної зони. Тому і саме тому, єдиним варіантом розміщення плавучої СЕС в чаші хвостосховища Полтавського ГЗК є поєднання її в єдину технологічну лінію з діючим підприємством і пов'язаним єдиним технологічним процесом. В даному випадку проект не передбачає альтернативного розміщення.

Згідно з географічними даними розташування хвостосховища, а саме 49,011321 градусів північної широти і 33,708924 східної довготи, ми можемо привести його супутниковий знімок, використавши сервіс «Google Maps».



Рисунок 2.1 – Північна частина хвостосховища ПГЗК



Рисунок 2.2 – Південна частина хвостосховища ПГЗК

За допомогою вище згаданого сервісу Google Maps, ми можемо визначити загальну площу, що може бути доступна під будівництво плавучої СЕС і створити певний варіант блок-схеми компонентів, які входять до загального технологічного процесу гірничо-збагачувального комбінату.

Загальна територія, на якій планується будівництво СЕС буде займати 2,938 квадратних кілометрів. Площа, яка пропонується під спорудження станції буде представлена далі.



Рисунок 2.3 – Розмічення території хвостосховища де планується каскад сонячних панелей

Отже, ми маємо майже три квадратних кілометра площі, яку можна зайняти лише сонячними панелями. Все необхідне для функціонування станції приладдя, буде знаходитися на березі і за основною «намитою стіною» хвостосховища. Станцію буде сформовано із спеціальних понтонів, на яких будуть розташовані сонячні фотомодулі, потужність яких буде визначено далі.

Наступна ілюстрація буде призначена виключно для покращення візуального сприйняття суб'єкту дослідження (хвостосховища). Всю масштабну поверхню можна розбити на чотири об'єкту. Результати подібних маніпуляцій представлено наступним чином.

Отже, далі, пропонується побудувати примітивну блок-схему основним технологічних шляхів, які так чи інакше перетинають пропоновану площу під будівництво плавучої СЕС. Для більш детального і масштабного позначення таких об'єктів, необхідно розділити зображення на карті в більш широкоформатному об'ємі.

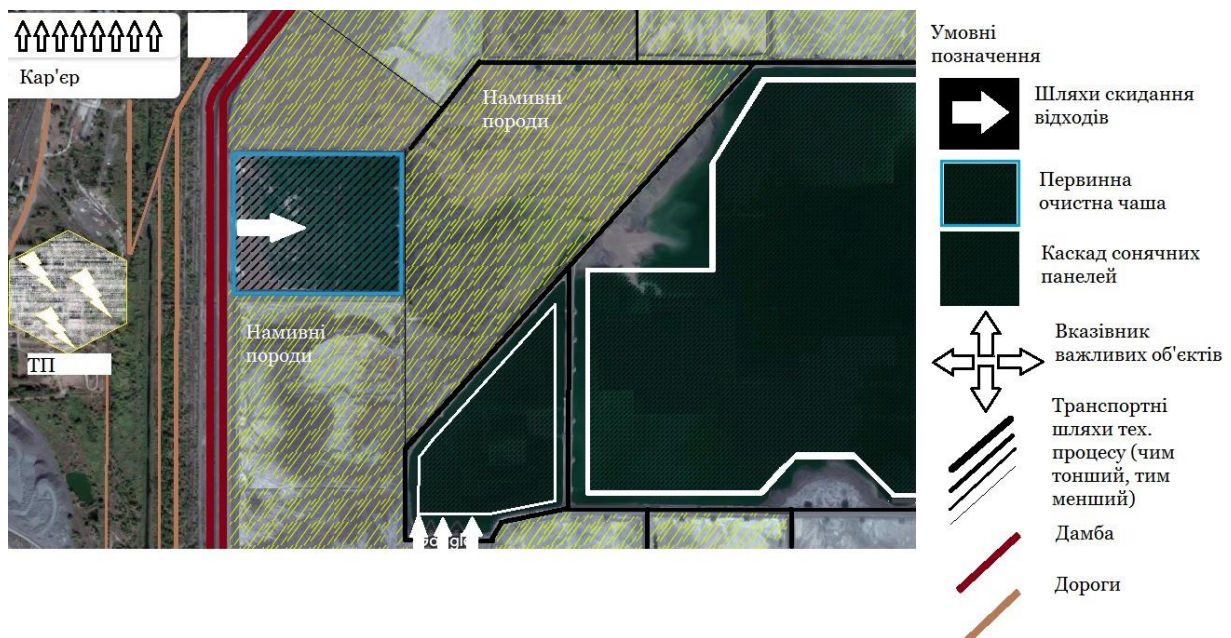


Рисунок 2.4 – Північно-західна частина хвостосховища

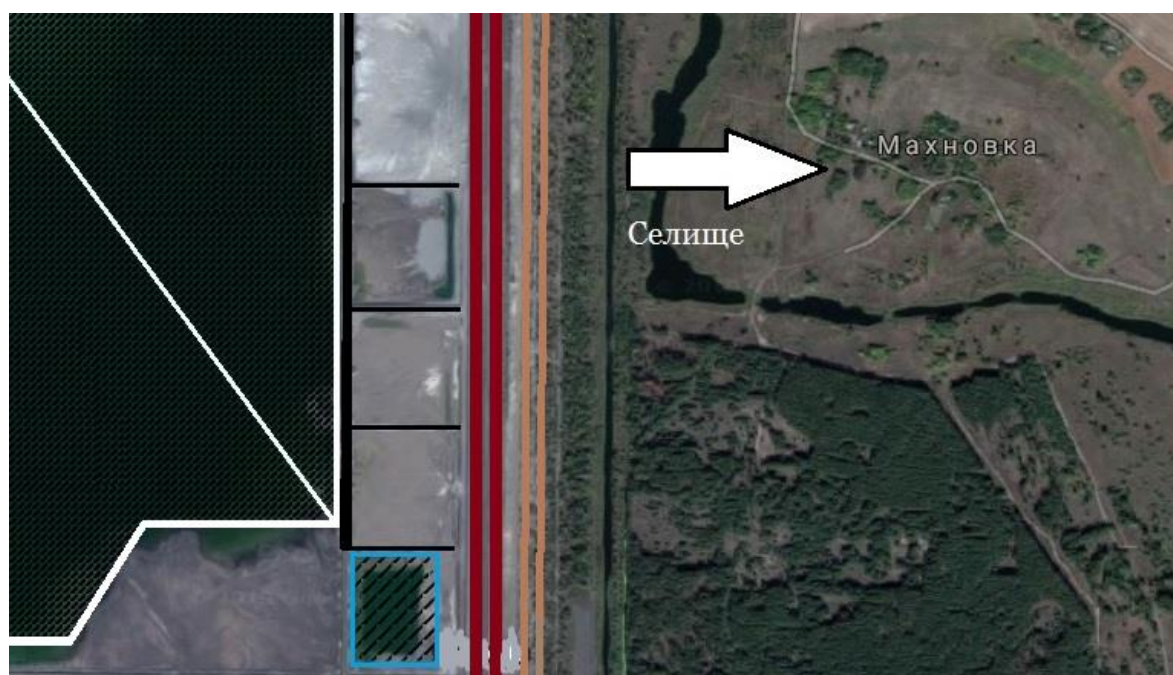


Рисунок 2.5 – Північно-східна частина хвостосховища

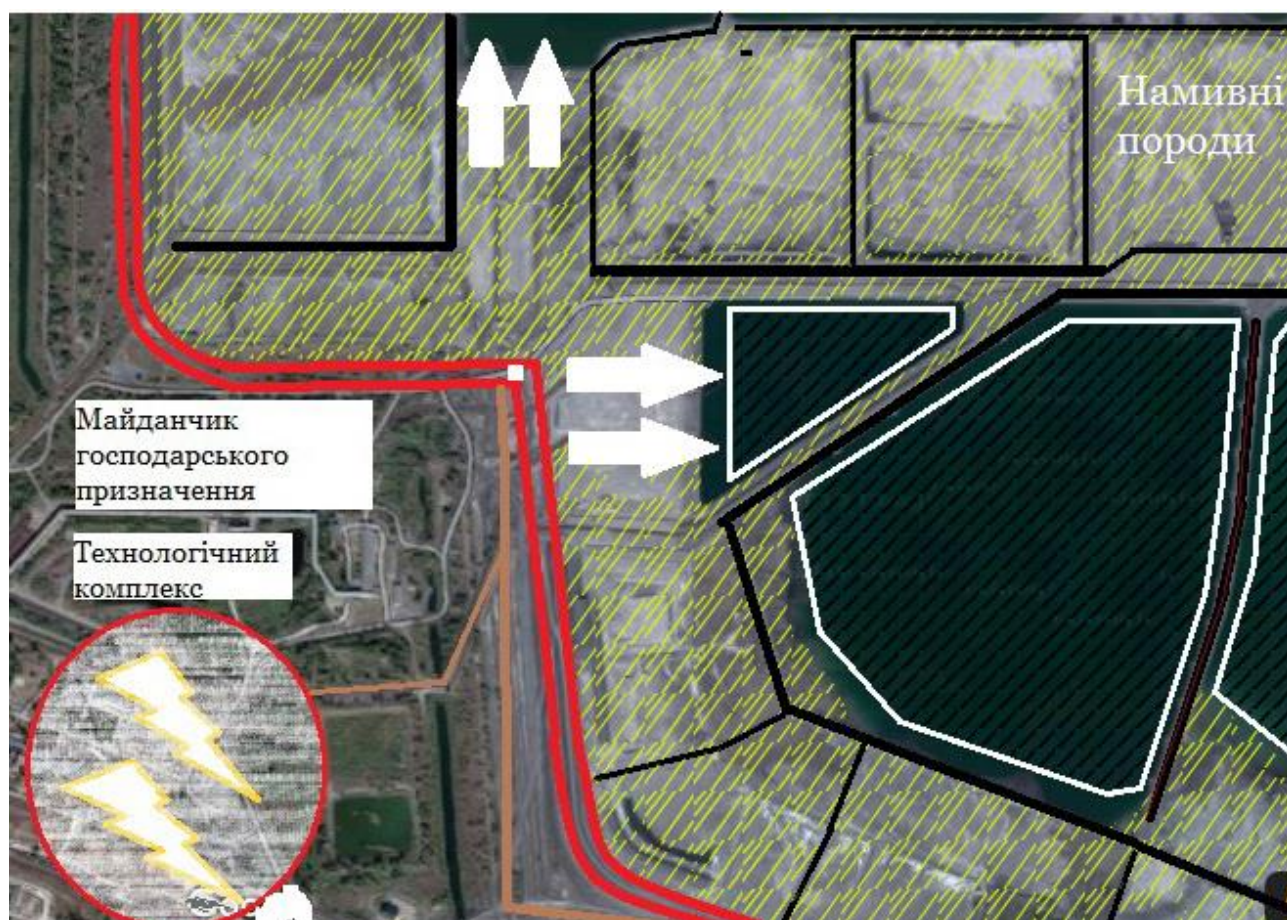


Рисунок 2.6 – Південно-західна частина

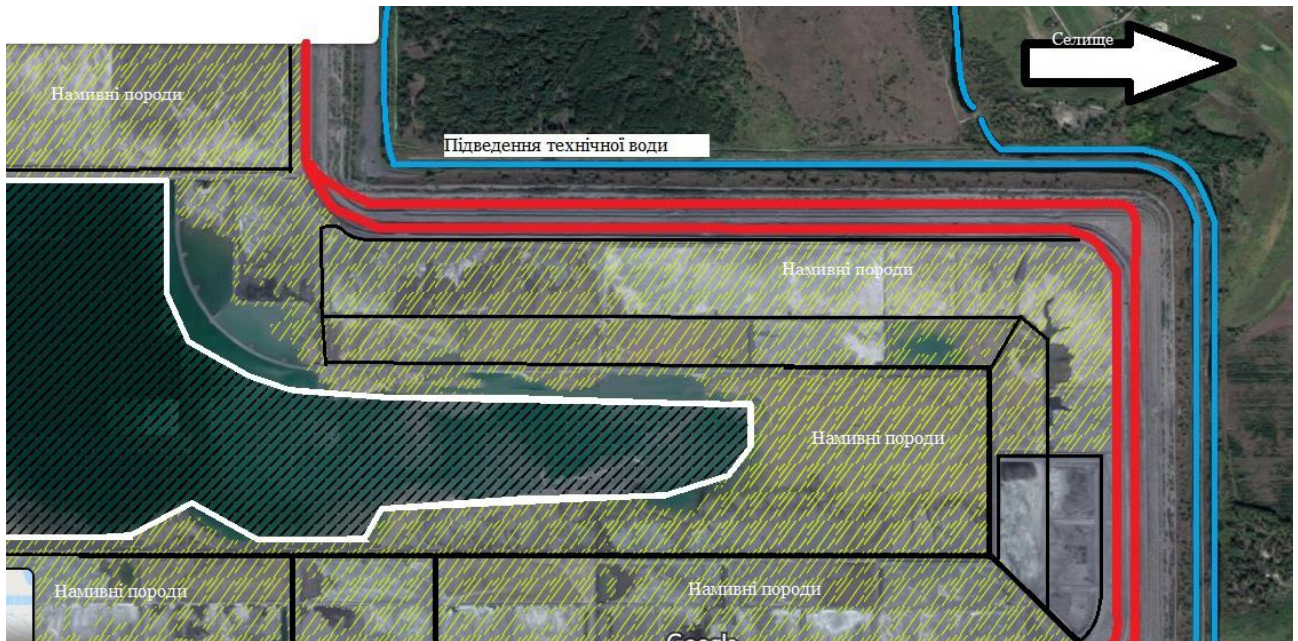


Рисунок 2.7 – Південно-східна частина хвостосховища

Подібний роздріб загального зображення дозволяє побачити шляхи, що використовуються на самому ГЗ підприємстві, а також дороги для пересування персоналу, місця скидання відходів у чашу хвостосховища, населені пункти (які в більшості покинуті або зарезервовані в санітарну зону Полтавського ГЗК). Також на зображеннях 2,3...7 підтверджується пропонована зона розміщення каскаду сонячних панелей і таким чином, можна стверджувати, що заявлена площа в 2,938 км² повністю актуальна, з урахуванням всіх транспортно-технічних і інших технологічних маршрутів і відділень гірничо-збагачувального комбінату.

2.2 Погодні умови та території хвостосховища, підприємства і регіону в цілому.

Для початку, використаємо програмне забезпечення [41] метеорологічного сайту NASA щоб дізнатися рівень атмосферних опадів за останні 19 років. Це допоможе в подальших розрахунках.



Рисунок 2.8 – рівень атмосферних опадів

Як видно з графіку вище, найбільша зафіксована кількість атмосферних опадів за заданими географічними координатами, припадає на зиму 2001, весну 2002 року. Також, даний ресурс [41] допомагає визначити висоту заданої точки над рівнем моря. У випадку хвостосховища це 103,8 метра.

Далі, представлена середньомісячна температура за 2018 рік. Ці дані необхідні для того аби знати період, коли рідина в чаші хвостосховища замерзає.



Рисунок 2.9 – Середньомісячна температура в 2018 році.

На рисунку 2.9 можна побачити, що з Листопада по Квітень на території розташування хвостосховища панує мінусова температура, що викликає замерзання води в чаші. Це один із важливих аспектів даної роботи. Оскільки в період замерзання, хвостосховище фактично втрачає можливість експлуатації, адже доступ до рідини в його чаші стає, як мінімум, проблематичним.

Також не мало важливий фактор високих показників генерації плавучої СЕС, це кількість сонячних днів в році. Хоч за останні декілька років і було створено прототипи сонячних панелей які спроможні виробляти електроенергію навіть з мінімальним досяганням сонячної радіації земної поверхні, дуже важко назвати використання цих панелей економічно вигідним. Адже отримавши можливість вловлювати більшу кількість розсіяного сонячного світіння, дані елементи СЕС пожертвували традиційними показниками продуктивності. Зараз ККД таких панелей складає близько 13-15%, при 20-25% звичайних, полікремнієвих фотомодулів. Отже, за даними Українського Гідрометцентру [42], на території центральних українських регіонів, до якого відноситься і Полтавська область, зафіксовані наступні погодні явища:

- Кількість днів з грозами на протязі одного календарного року, 25-40
- Кількість днів з туманами на протязі одного календарного року, 20-30

Що стосується сонячних і хмарних днів, далі буде приведена інфографіка на якій вказана середня кількість абсолютно ясних днів, і днів з помірною хмарністю

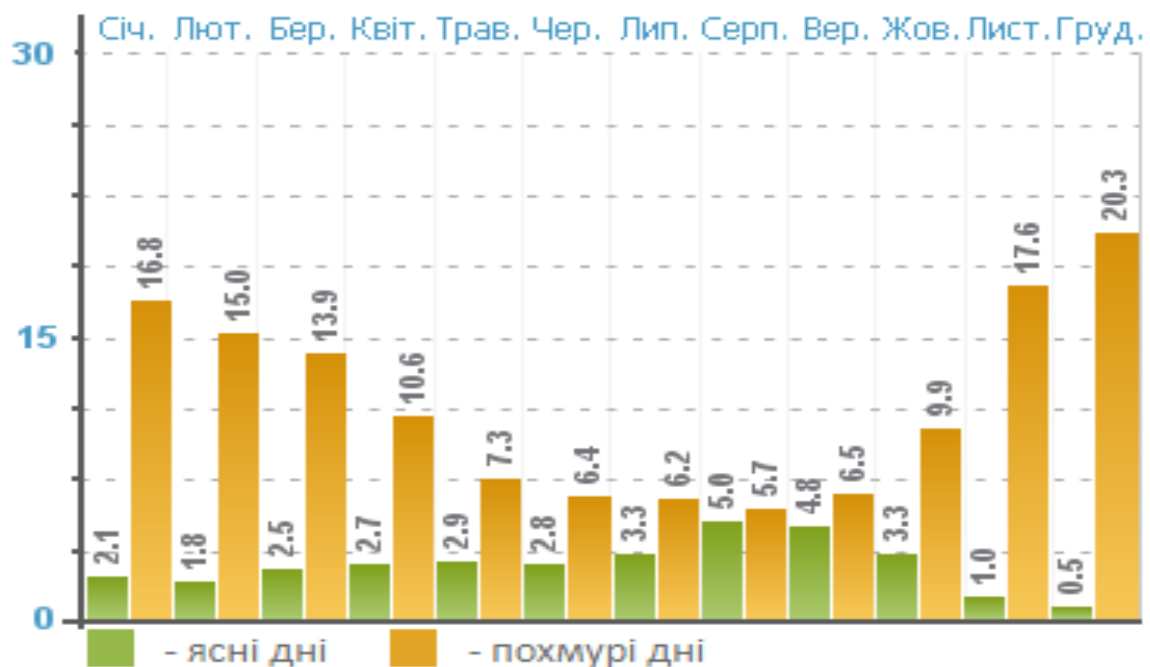


Рисунок 2.10 – Кількість хмарних і повністю ясних днів в 2018 році

Проте, цей рисунок краще сприймати умовно, адже сонячним панелям достатньо буде, якщо сонце з'являтиметься з-за хмар принаймні половину сонячного дня, для хорошої продуктивності. Дійсно важливим, є загальна кількість сонячних днів або днів без сонця на території Полтавської області.

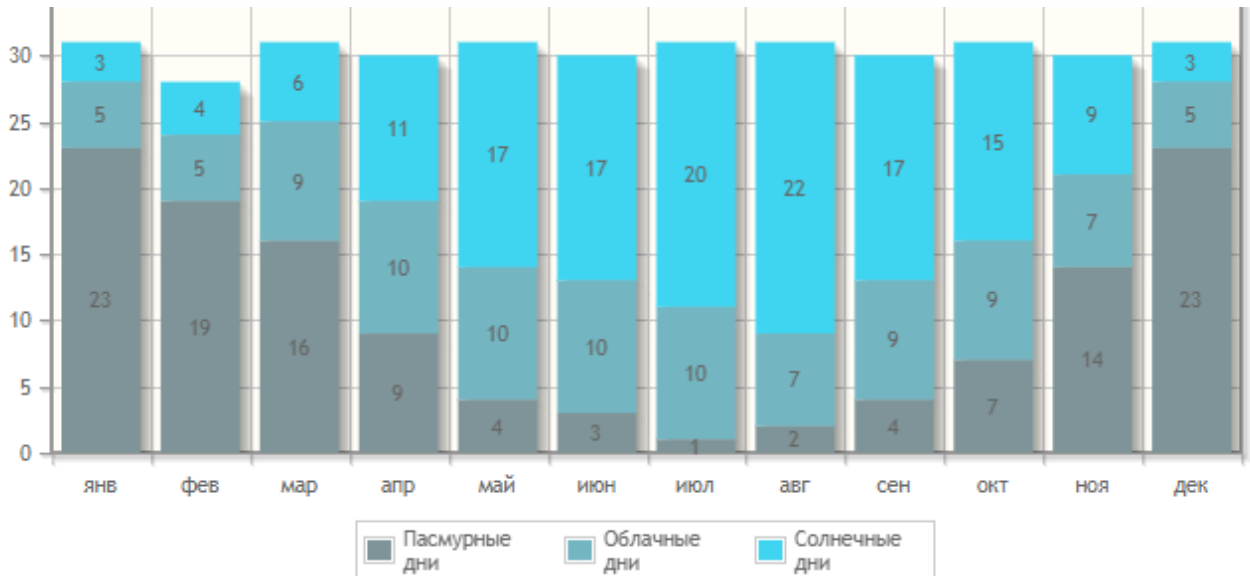


Рисунок 2.11 – Кількість сонячних, хмарних і похмурих днів в Полтавській області

Отже, отримавши відповідні дані [43], ми можемо визначити скільки загалом сонячних днів було в Полтавській області в 2018 році. 144 сонячних дні було зафіксовано на Полтавщині в 2018 році.

Також, ми можемо дізнатися скільки годин сонце знаходилося у прямій видимості в тих самих географічних координатах 49,0 градусів північної широти і 33,7 східної довготи.

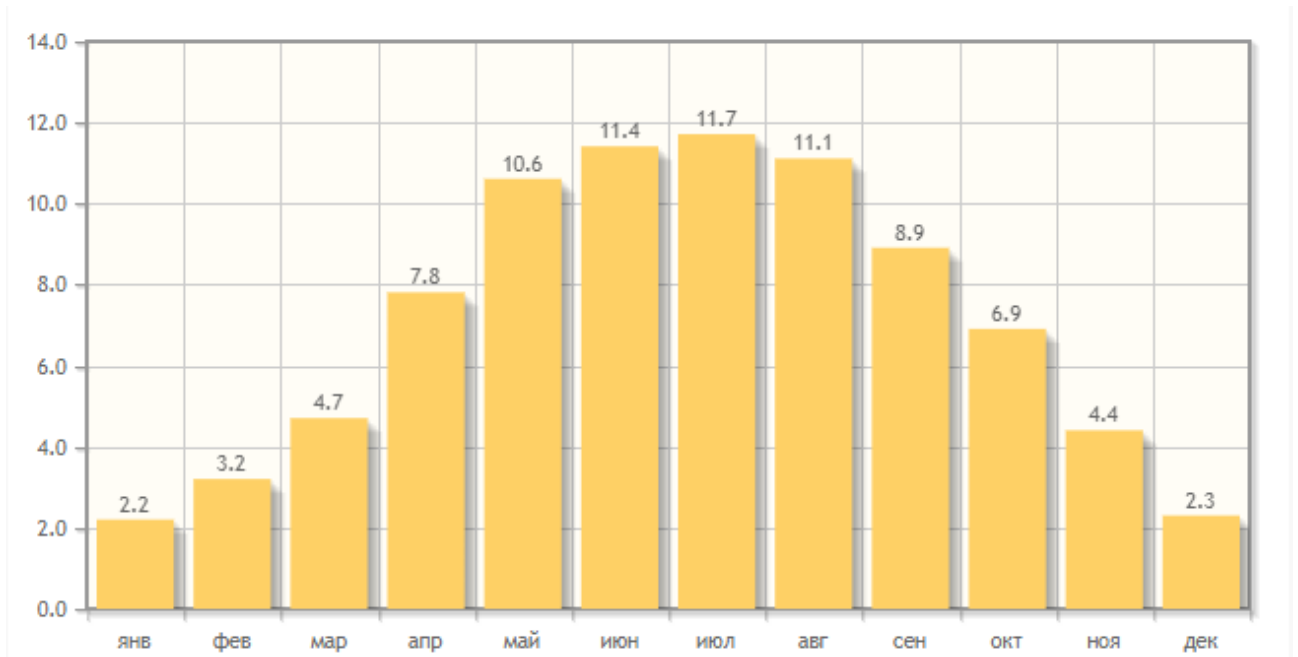


Рисунок 2.12 – Середньодобова кількість сонячних годин

Як видно із рисунків 2.11 і 2.12, найбільш оптимальне використання сонячного світла буде здійснюватися в період з кінця березня, до кінця вересня, а це щонайменше 5,5 місяців максимальної продуктивності звичайної промислової СЕС.

Висновок по розділу

Провівши глибокий аналіз погодних і географічних умов місця розташування майбутньої плавучої СЕС, можна з повною впевненістю сказати, що подібний вибір географічного розташування повністю себе виправдовує, адже, не зважаючи на те, що ця точка знаходиться фактично в центрі України, де показники для сонячних станцій поступаються значення на півдні, якість сонячної енергії, що надходить до земної поверхні знаходиться на високому рівні. Позитивним моментом також слугує використання водної гладі.

РОЗДІЛ 3

СКЛАД І КОМПАНУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Основними елементами стандартної промислової сонячної електростанції є: сонячні панелі, інвертори, дротове обладнання, система контролю і управління «online» і «offline», устаткування для кріплення і розміщення панелей, трансформатори та інше силове обладнання. Але, у зв'язку з тим, що даний проект планує розміщення плавучої СЕС, необхідно також враховувати і специфічне обладнання, таке як: понтони – спеціальне устаткування, з яких набирається каскад під розміщення сонячних станцій на водній поверхні. Захисне обладнання від дії рідини. Додаткові конструкції для мінімізації ризику під час експлуатації електростанції.

3.1 Сонячні панелі для плавучої електростанції

В наш час існує неймовірна кількість різновидів сонячних панелей, серед яких найбільшу долю ринку займають стандартні, сонячні фотомодулі з полікристалами кремнію. Вони відповідають загальним потребам і є найбільш вигідними з точки зору «ціна\якість». Проте, недавно, у сегменті виробників сонячних панелей з'явився ще один представник. Це звичайний сонячний фотомодуль з монокристалів кремнію, але головна його риса – це, двосторонні сонячні панелі. Особливість двосторонньої сонячної панелі полягає в тому, що, на відміну від стандартних установок, панелей, з алюмінієвою основою, алюміній знизу забирається. Це дає можливість відкрити напівпровідниковий матеріал, який, в свою чергу, продукує енергію від падаючого з обох сторін світла. Такі двосторонні сонячні елементи коштують дорожче. На сьогоднішній день розробники шукають варіанти здешевлення конструкції і вихідних матеріалів.

На початковому етапі використання двосторонні сонячні панелі збільшували продуктивність тільки на 10%. Відбувалося це за рахунок відбиття

світла від землі і напрямки його на нижню частину батареї. Підвищити ефективність панелей взялися вчені з Дослідницького інституту сонячної енергії Сінгапуру. Вони співпрацювали з фахівцями Національного університету Сінгапуру і Міжнародного дослідницького центру сонячної енергії Konstanz в Німеччині, інформує [44] «Trident Energy». Вже зараз, зусиллями розробників і вчених провідних країн світу вдалося покращити показники двосторонніх фотомодулів на 25-30% в порівнянні зі звичайними, односторонніми. Також немало важливий факт вибору саме таких панелей, це те, що вони краще працюють з розсіяним сонячним промінням, відбитим від земної або водної поверхні. Зрозуміло, що розташувавши такі фотомодулі на водній гладі ми отримаємо кращі показники вироблення електроенергії.

3.1.1 Двосторонні сонячні панелі

Для розрахунку пропонується панель «JOLYWOOD JW-D60N-315 N-типу монокристал» [45].

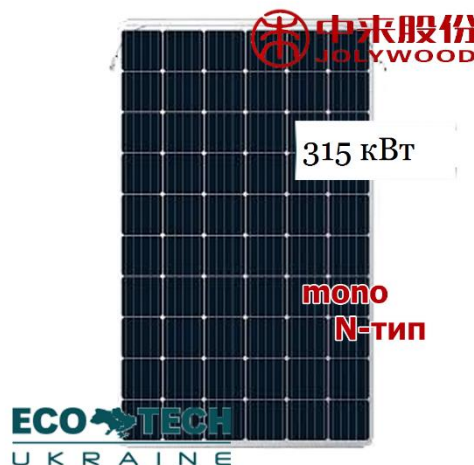


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд монокристалічної панелі JOLYWOOD JW-D60N-315 N

Технічні характеристики даної панелі [45]:

- максимальна потужність при стандартних умовах тестування – 315 Вт;
- допуск потужності (толеранс) – $0 \sim + 5$ Вт;
- ККД (максимальна ефективність перетворення) – 19.15%;
- клас пожежної безпеки – В;
- температурний коефіцієнт – $-0.38\% / ^\circ \text{C}$;
- робоча температура – від $-40 ^\circ \text{C} \sim$ до $+ 85 ^\circ \text{C}$.

Сонячні модулі встановлюються і фіксуються на підтримуючих конструкціях, понтонах. Постійний струм, отриманий за допомогою сонячних модулів, перетворюється інвертором в змінний струм. Після перетворення і оцінки якості виробленої електроенергії, вона потрапляє в об'єднану електромережу, але це не всі елементи на шляху енергії до енергосистеми. Потрібно прийняти величину інсоляції.

Під інсоляцією розуміється кількість радіації, отриманої протягом одного світлового дня, або, просто кажучи, ступінь «опромінення» 1 квадратного метра землі за конкретний проміжок часу. Під піковими годинами розуміються години з інтенсивністю понад $1000 \text{ Вт} \times \text{м}^2$.

Згідно з даними в розділі 1.2 і також рисунку 1.3, приймаємо інтенсивність в м. Горішні Плавні $1350 \text{ кВт} \times \text{г} / \text{м}^2$ (в середньому на рік), і, середній рівень радіації $3,25 \text{ кВт} \times \text{г} / \text{м}^2$ (в середньому на день).

Далі, зберемо всю інформацію про обрану місцевість для початку розрахунків. За даними «NASA» та «Українського Гідрометцентру».

- Найбільша продовжність сонячного дня – 12:10 год
- Середня протяжність дня в 2018 році - 12:11 год.
- Найбільша кількість сонячного випромінювання за період із 1997 по 2018 рік проявляється в інтервалі з квітня (12.04) по жовтень (13.10 включно).

- Найкоротший день зазвичай в грудні 8:12 год, проте в 2017 році було зафіксовано 8:05 год в січні, станом на 5.01.17.
- Нормативна глибина сезонного промерзання становить 0,9 – 1,1 м, за сейсмічними умовами район відноситься до 6-ми бальної зони.

3.1.2 Розрахунок потужності сонячних панелей за кліматичних умов регіону

Орієнтована плавуча СЕС буде на Південь, і оптимальне значення кута нахилу в такому випадку коливається від 35 до 45 градусів. Приймаємо 40° від поверхні води.

Якщо сонячні панелі встановлюються під деяким кутом β до горизонту, то середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, може бути знайдена за формулою:

$$En = R \times E, \quad (3.1)$$

де E – середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню, кВт×г/м²;

R – відношення середньомісячних денних кількостей сонячної радіації, що надходить на похилу і горизонтальну поверхні.

Коефіцієнт R дорівнює сумі трьох складових, відповідно: прямому, розсіяному і відбитому сонячному випромінюванню.

$$R = \left(1 - \frac{Ep}{E}\right) \times R_n + \frac{Ep}{E} \times \frac{1+\cos\beta}{2} + p \times \frac{1-\cos\beta}{2}, \quad (3.2)$$

де Ep – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню, кВт×годин/м²;

$\frac{E_p}{E}$ – середньомісячна денна частка розсіяного (дифузійного) сонячного випромінювання;

β – кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту;

ρ – коефіцієнт відображення (альbedo) поверхні Землі і навколишніх тіл, зазвичай він дорівнює 0,7 для зими і 0,2 для літа.

Знайдемо коефіцієнт R_n :

$$R_n = \left(\frac{\cos(f-k) \times \cos(b) \times \sin(w_{3H}) + \frac{\pi}{180} \times w_{3H} \times \sin(f-k) \times \sin(b)}{\cos(f) \times \cos(b) \times \sin(w_3) + \frac{\pi}{180} \times w_3 \times \sin(f) \times \sin(b)} \right); \quad (3.3)$$

де,

$b = 23,45 \times \sin\left(360 \times \frac{284+135}{365}\right) = 18,79$ градусів, для травня місяця, це кут похилу Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і її проекцією на площину екватора) в середній день місяця;

f – широта місцевості;

k – кут нахилу сонячної панелі до горизонту;

$$w_3 = \arccos(-\operatorname{tg}(f) \times \operatorname{tg}(b)) = 1,13 \text{ градусів}, \quad (3.4)$$

годинний кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні;

$$w_{3H} = \arccos(-\operatorname{tg}(f - k) \times \operatorname{tg}(b)) = 0,93 \text{ градусів}, \quad (3.5)$$

годинний кут заходу Сонця для похилої поверхні з південною орієнтацією.

Отже, середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтального на похилу поверхню R_n дорівнює:

$$R_n = \frac{\cos(49-18,79) \times \cos(18,79) \times \sin(0,93) + \frac{\pi}{180} \times 0,93 \times \sin(49-18,79) \times \sin(18,79)}{\cos(49) \times \cos(18,79) \times \sin(1,13) + \frac{\pi}{180} \times 1,13 \times \sin(49) \times \sin(18,79)} = 0,992, \quad (3.6)$$

Відповідно:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \times R_n + \frac{E_p}{E} \times \frac{1+\cos\beta}{2} + p \times \frac{1-\cos\beta}{2} = \left(1 - \frac{76}{172,1}\right) \times 0,992 + 0,442 \times \left(\frac{1-(-0,67)}{2}\right) = 1,211, \quad (3.7)$$

І, тоді, знайдемо E_n :

$$E_n = R \times E = 1,211 \times 172,1 = 208,413 \text{ кВт} \times \text{годин}/\text{м}^2 \quad (3.8)$$

Таким чином, ми знайшли середньомісячне значення сумарної кількості енергії від сонячного випромінювання за один сонячний день на один квадратний метр горизонтальної поверхні. Слід зазначити, що подібний розрахунок можна виконати використавши програмне середовище «PVsyst» версії 6.8.5 [46], результат якого можна побачити в ДОДАТКУ В.

Для підведення підсумків результату обчислення маємо наступні дані:

- Загальна площа яку планується зайняти плавучою СЕС – 285 га;
- Площа однієї панелі – $1660 \times 992 = 1,64 \text{ кв. м}$;

Каскад станції буде сформовано із спеціальних понтонів. Площа одного рівна 1,44 квадратних метра. Загалом планується задіяти близько 2 млн. штук.

Щоб дізнатися скільки місця буде займати одна плаваюча одиниця (ОД), знайдемо довжину панелі + відстань від сусідніх ОД, для запобігання затінення + широту понтону : $(1660+760) \times 1200 = 2,9 \cong 3 \text{ м}^2$. Отже, площа яку буде займати одна плаваюча одиниця – 3 квадратних метра. Загалом, приймаємо 888888 ОД задля забезпечення додатковими площами місця проходу і установки інверторного і іншого обладнання.

Орієнтовна потужність складає $888888 \times 315 \text{ Вт} = 280 \text{ МВт} \cdot \text{пik}$. МВт*пik в даному випадку означає, що це пікова потужність станції. Подібний результат вироблення енергії може дозволити згладити пікові навантаження на самому підприємстві ГЗК , а також може бути проданий за зафіксованою ставкою

«Зеленого тарифу». Кут нахилу в 40° і відстань між панелями має запобігти затіненню ними одна одної в будь-який період доби. Відповідно подібне рішення допоможе збільшити техніко-економічні показники всієї системи.

Головним перетворювачем енергії постійного струму, що виробляють панелі, слугує інвертор, тому його вибір дуже важливий пункт. Причому грає роль не тільки правильний вибір обладнання, а ще і його монтаж. Мережевий інвертор для сонячної панелі виступає в якості серця системи сонячного енергозабезпечення. Інверторне обладнання має змогу забезпечити регулювання основних експлуатаційних параметрів мережі: частота напруги, амплітуда і т.д. У разі збою живлення інвертор передасть дані про «краш» системи за допомогою дистанційної плати передачі інформації в режимі on-line і після автоматично вимкнеться.

Понтон. В даному випадку це спеціальна, непрopusкаюча воду конструкція, призначена для підтримання на плаву в майже нерухомому стані різних об'єктів. В проекті плавучої СЕС це, відповідно, сонячні панелі.

3.2 Техніко-фізичні характеристики сонячних панелей «JOLYWOOD JWD60N315»

Паспорт від виробника даних панелей наведено в [47].

Основні відмінності від стандартних панелей, як вже було зазначено, в даних сонячних перетворювачах, це двосторонній монокристалічний фотомодуль. Також:

- Корпус панелі виконаний із загартованого склопластику;
- Оточені фотомодулі алюмінієвою рамою;
- Панель має всі необхідні міри захисту від агресивного навколишнього середовища, та захищена від: вітру, снігу, шкідливих роз'їдаючих речовин, тощо.

Враховуючи всі вище згадані чинники, а також паспорт панелі, можна визначити скільки кіловатів енергії, в місяць, буде спроможна видати одна плаваюча одиниця станції.

$$E_{pv} = \left(\frac{E_{ir} \times P_{pv} \times \eta}{P_{ir}} \right) \times 20\%, \quad (3.9)$$

де E_{ir} – місячна інсоляція квадратного метра в м. Горішні Плавні, для травня місяця.

P_{pv} – номінальна потужність сонячної панелі;

η – коефіцієнт ККД при передачі енергії від панелі до інвертора, і при перетворенні з низьковольтової постійної напруги в стандартне значення;

P_{ir} – максимальна потужність сонячної інсоляції квадратного метра поверхні, заданої місцевості. Результат буде збільшено на 20% через те, що використовуються двосторонні сонячні панелі. Отже, маємо:

$$E_{pv} = \left(\frac{5400 \times 315 \times 0,98}{1350} \right) \times 20\% = 1482 \text{ Вт} \quad (3.10)$$

3.3 Вибір інверторного обладнання

Як вже було сказано раніше, інвертор є «серцем» сонячної електростанції, саме тому до вибору цього приладу потрібно підходити з максимальною серйозністю, адже після цього рішення буде залежати майбутній дохід, стабільність, а також строк дії СЕС.

В даному випадку, для роботи із такими великими обсягами енергії, пропонується до вибору інвертор фірми «Siemens» характеристики якого [49] дозволяють в повній мірі задовольнити потреби станції в 285 МВт номінальної потужності.

Що стосується інформації, щодо даного інвертора, то вона наступна. Перетворювач **SINACON PV** разом з трансформатором і розподільним пристроєм (RMU) є частиною інверторної електричної станції середньої напруги, через свою пропускну і номінальну потужність. Всі компоненти встановлені в корпусі для зовнішньої установки. Сонячний інвертор PV перетворює постійний струм (DC) фотоелектричної сонячної панелі в змінний струм (AC) потрібної частоти, який може подаватися в мережу або використовуватися локально. Інвертор оснащений модулями з 3-рівневим біполярними транзисторами з ізольованим затвором (IGBT) для вхідних напруг до 1500 В постійного струму. Інтегрований розподіл постійного і змінного струму забезпечують економічність інвертора. Стандартизовані інтерфейси забезпечують легке введення пристрою в експлуатацію, скорочуючи час на технічне обслуговування.

Даний інвертор це – відповідне рішення для всіх сфер застосування – надійне, що не вимагає технічного обслуговування та підходить для будь-яких кліматичних умов:

- Розроблено для застосування в екстремальних погодних умовах;
- Ступінь захисту IP 65, без обмеження рівня вологості;
- Рідинне охолодження ($-40^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$);
- Зниження допустимої потужності вище 40°C ;
- Високі стандарти якості;

У висновку, відповідно до інженерно-технічного обґрунтування і характеристик приведених в попередньому підрозділі, можна розраховувати на вибір інверторів **SINACON PV** від фірми «Siemens» в кількості 46 шт. з подвійними MPPT входами. MPPT – спеціальний пристрій, контролер, який забезпечує найбільше вироблення енергії в реальних умовах. При таких значеннях в сучасних ринкових умовах можна розраховувати на приємну знижку.

3.4 Кабельне устаткування

Отже, прийнявши номінальну потужність плавучої СЕС в 285 МВт, необхідно подбати про правильну систему транспортування виробленої електроенергії до трансформаторної підстанції (КТП). Для цього треба обрати всю з'єднувальну апаратуру певної довжини з відповідними перетинами, і, обмежити втрати електроенергії під час проходження в дротах до 5%.

Сонячні панелі **JOLYWOOD JW-D60N-315** з'єднуються між собою кабельним устаткуванням, що йде з ними в комплекті, а отже вести перерахунок на міцність і пропускну здатність даних виробів немає сенсу.

З 888888 плаваючих ОД, в результаті перерахунку проекту за допомогою програмного забезпечення PVsyst, було сформовано 24024 «стрінга» по 35 сонячних панелей в кожному. Ці стрінги розміщені в правильній кількості до кожної із 46 інверторних станцій. Таким чином, номінальні показники струму і напруги в цих 46 ділянках обмежені нормою, і не перевершують критичні показники. Кожна із цих 46 інверторних станцій має відстань від стрінгів 10 м, а отже ми можемо порахувати необхідні параметри необхідні для вибору дротів з'єднання.

Потужність одного стрінга (шини) буде рівна:

$$P_c = (N \times P) = (35 \times 315) = 11025 \text{ Вт}, \quad (3.11)$$

І, відповідно струм одного стрінга для забезпечення стабільної роботи інверторної станції буде рівним:

$$I_c = \frac{P_c}{U_c} = 9 \text{ А}, \quad (3.12)$$

де, P_c – потужність стрінга; N – кількість панелей в стрінгу; P – потужність однієї панелі; I_c – струм в стрінгу, U_c – напруга необхідна для роботи інвертора (1220В)

Насправді ці значення можуть коливатися, але показники напруги необхідно обмежувати в районі 1100 – 1500 вольт, адже саме такий діапазон може витримати 1 із 92 інверторних входів.

Для з'єднання стрінгів і інверторів обираємо провід **KBE Solar 50618** [50].

Параметри даного дроту наступні:

$$r_0 = 0,356 \text{ Ом/км}$$

$$L = 10 \text{ метрів.}$$

$$R = r_0 \times L = 0,356 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} \times 0,001 \text{ км} = 0,0004. \text{ Ом} \quad (3.13)$$

Падіння напруги в робочому режимі:

$$\Delta U_{\text{роб}} = R \times I_c = 0,0004. \text{ Ом} \times 9 \text{ А} = 0,0032 \text{ В} \quad (3.14)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U_{\text{роб}}}{U_{\text{ном.}}} \times 100\% \quad (3.15)$$

В формулі (3.15) і без завершення розрахунку очевидно, що втрати не будуть перевищувати 5%. Всі необхідні електричні параметри вказані в паспорті обраного дроту [50].

Наступним логічним кроком був би вибір автоматичного вимикача, але в кожному із 56 інверторів вже присутня вся необхідна автоматика на будь-який із відомих надзвичайних випадків, отже в подібному розрахунку не має необхідності.

Далі, необхідно обрати дроти, які будуть йти від інверторів до силового обладнання трансформаторів. Скориставшись джерелом [52] приймаємо дроти на підводах до трансформаторів перетином 195мм².

Групу із 92 інверторних входів розіб'ємо на 23 частини із рівновіддаленими відстанями до трансформаторів. Розташуємо їх на площині каскаду сонячних панелей на певній відстані один від одного. Виходячи із вище сказаного, видно, що для комплектування силової частини проекту, а саме КТП, необхідно

використати не менше 15 трансформаторів з номінальними показниками 20000 КВА. Такі показники необхідні для подальшого регулювання і можливого збільшення потужності станції. При виборі трансформаторів потрібно дотримуватися умови:

$$S_t \geq 0,7S_{m.p};$$

де, S_t – потужність обраного трансформатора;

$S_{m.p}$ – максимальна прохідна потужність в МВА.

Так як, відстань до водної поверхні самих КТП не буде меншою за 200 метрів, ризик дії вологості на трансформатори буде невисоким. Також, слід зазначити, що через саму конструкцію плавучої СЕС потрапляння вологості в повітря буде відносно невеликим і при правильному інженерно-технічному забезпеченню не вчинить шкоди силовому обладнанню.

Отже, обираємо групу трансформаторів [51] від китайського постачальника, характеристики якого наведені за посиланням вказаним вище.

3.5 Лінії з'єднання інверторів і трансформаторних підстанцій

Для об'єднання КТП і відділень сонячних панелей потрібно використати спеціальну збірну шину, за допомогою якої відбуватиметься об'єднання дротів і транспортування енергії на первинну обмотку трансформатора. Так як такі великогабаритні трансформатори виготовляються на замовлення, можна відразу уточнити, що обмотка НН буде виготовлена на 0,69 кВ. Далі необхідно вибрати дроти, по яким змінний струм буде надходити до підстанцій від інверторного обладнання. За паспортними даними інвертора **SINACON PV** [49] можна визначити, що струм на виході даного агрегату коливається в районі $1 \dots 4 \times 1000$ А, а струм короткого замикання складає 50 кА. Задля уникнення екстрених ситуацій візьмемо для розрахунку найбільше значення робочого струму в 4000 А.

Через значні показники електричного струму, можна вибрати підключення до інвертора через спеціальний прилад, який дозволить розбити 4000 А на 5 жил по 800 ампер кожна. Таким чином ми зможемо використовувати кабель **АВБШв 1х1000** [54]. Прокладання на відкритій місцевості дозволить протікання струму до $I = 973$ А, при критичних показниках в 65 кА (струм короткого замикання).

$$\begin{aligned} r_0 &= 0,03 \text{ ом/км}; \\ l &= 200 \text{ м}; \\ R_{\text{д}} &= r_0 \times l = 0,03 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} \times 0,2 \text{ км} = 0,006 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (3.16)$$

Так, ми визначили параметри опору обраного дроту.

Падіння напруги:

$$\Delta U_{\text{роб}} = R_{\text{д}} \times I = 0,006 \text{ Ом} \times 973 \text{ А} = 5,84 \text{ В} \quad (3.17)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U_{\text{роб}}}{U_{\text{ном.}}} \times 100\% = \frac{5,84 \text{ В}}{690 \text{ В}} \times 100\% = 0,8\% \quad (3.18)$$

Як видно з (3.18) падіння напруги в робочому режимі не перетинає дозволєну межу в 2% при показнику номінальної напруги інвертора $U_{\text{ном.}} = 690 \text{ В}$.

Далі, необхідно сформуваи із 15 трансформаторів – 5 підстанцій, з усім необхідним обладнанням, для подальшого транспортування виробленої енергії в мережу або на задоволення власних потреб гірничо-видобувного заводу.

3.6 Трансформаторні підстанції для СЕС

В кожду із 5 створених ТП по периметру плавучої СЕС, на території ГЗК планується встановлення, по три в кожду із підстанцій, трансформаторів [51]. Для правильної і безпечної роботи на кожду із цих ТП необхідно встановити все необхідне обладнання: автоматику, захист, підвищувальні трансформатори тощо.

В першу чергу необхідно враховувати приладдя на вході в ТП. Так як, фактично, до кожного із трансформаторів буде прилягати по чотири інверторні станції, значить найбільше можливе значення струму буде рівне:

$$I_{ci} = I_i \times 4 = 4000 \times 4 = 16000 \text{ A}, \quad (3.19)$$

де, I_{ci} – сумарне значення струму на вході до 1-єї ТП;

I_i – максимальне значення струму на виході 1-го інвертора.

Отже необхідно обрати один автоматичні вимикачі (ВА) більш ніж на 5 кА. Найкращим вибором в даній ситуації послугує ВА «Електрон Е40С» на 6300 А [55]. При виборі ВА необхідно керуватись наступним принципом:

$$I_{нр} \geq I_{max}.$$

$$6300 \text{ A} \geq 4000 \text{ A};$$

Струм спрацьовування (відсічення) електромагнітного або комбінованого розчеплювача (струм уставки) $I_{сп.е}$ перевіряється по піковому струму лінії:

$$I_{сп.е} \geq 1,25 \times I_{пик}$$

$$7875 \text{ A} \geq 5000 \text{ A};$$

Загалом, необхідно вибрати 92 таких вимикачі, задля забезпечення додаткового захисту для кожної із інверторних ліній.

Далі необхідно вибрати вимикач навантаження для інверторних ліній. Він повинен бути триполюсним без можливості відрізати «0» фазу. Потреба у цьому виникає через те, що автоматичні вимикачі з часом можуть втратити свою пропускну здатність і задля забезпечення уникнення лінії і комутаційного обладнання від аварії необхідно підвищити якість електропостачання. Для цього

і потрібні вимикачі навантаження. Для вище згаданих показників пропонується **DMX- 3П - 4000 A Legrand 028788** [56]. Таких приборів також необхідно 92шт.

3.6.1 Компонування ТП

Енергія, яку вироблятимуть плаваючі фотомодулі буде надходити до інверторів задля перетворення постійного струму в змінний. Після цього, по спеціально підібраних кабелях вона буде надходити до трансформаторних підстанцій. Задля забезпечення їх (ТП) правильною роботою, необхідно спланувати їхні складові частини. Окрім самих трансформаторів які отримують енергію від інверторів, також, необхідно встановити трансформатори струму і напруги для підрахунку електроенергії перед віддачею її до мережі.

Для вибору апарату захисту, необхідно знати струм в лінії де його розташують:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3}V_{HT}} = \frac{20000}{19,05} = 1050 \text{ A}, \quad (3.20)$$

де, S_T — номінальна потужність трансформатора;

V_{HT} — номінальна напруга трансформатора (10кВ).

Відповідно до цих результатів необхідно обрати прилади для ВРП (відкриті розподільчі пристрої). Першим буде вакуумний вимикач ВРС-110 [57]. Також в сумі установка ВРП 110кВ, на кожній з підстанцій буде мати наступний вигляд:

- Блок роз'єднувачів [58] «MVT Plus» РВРЗ;
- Трансформатор напруги [59] « НКФ 123»;
- Блок обмежувачів перенапруги [60] ;
- Блок опорних ізоляторів (2 x 20 кВ і 7 x 10 кВ) [61];
- Трансформатор струму ТГМ-110 [62];
- Вимикачі WCB LTB 170 [62];

- Підвищувальний трансформатор на 6300 кВА, з обмоткою НН 0,7 кВ (виготовлений на замовлення);
- Система власних потреб, дві невеликих КТП 10/0,4 кВ [63];
- Система оперативного струму;

Для захисту використовуються шафи релейного захисту передових світових виробників: «Siprotect» (ф. Siemens), «Sepam» (ф. Schneider Electric) та ін. Ці шафи включають в себе повний список необхідних приладів релейного захисту і автоматики (РЗА) для захисту обладнання підстанцій (ПС) 110/10 кВ:

- шафа захисту трансформаторів 0,69/10 і 10/110 кВ;
- шафа захисту і автоматики СВ 110 кВ;
- шафа регулювання напруги трансформаторів 110 кВ;
- шафа диференційного захисту лінії 110 кВ;
- шафа дистанційний захисту лінії 110 кВ;
- шафи управління і ін.

В якості засобів системи телемеханіки використовуються системи:

- АСТОЕ – автоматична система технічного обліку електроенергії;
- АСКОЕ – автоматична система комерційного обліку електроенергії;
- АСДКЕ – автоматизована система диспетчерського керування електропостачанням. Всі складові даних систем доступні [64] на сайті українського виробника.

Зв'язок між станціями, а також між цілою системою плавучої СЕС буде здійснюватися за допомогою Cisco ONS 15305 або аналогічною, використовуючі доступні канали зв'язку.

Використовувати енергію після перетворення на ТП можна або для подачі її в енергомережу безпосередньо, або для покриття власних потреб ГЗК, або гібридно.

Приклад цих варіантів можна побачити на схемах приведених далі.

Для живлення навантажень 0,4-0,23 кВ власних потреб електростанції проектом передбачено встановлення трансформатора власних потреб.

Отже, після проведення цих розрахунків, можна сформувати таблицю (таблиця 3.1), в якій будуть зазначені обрані компоненти з урахуванням габаритних розмірів і кількості.

Таблиця 3.1 – Підсумкова кількість електротехнічного обладнання розрахованого в проекті

	Кількість (шт.)	Довжина (вага, розмір) {кг, м,}	Примітка
1	2	3	4
Сонячні панелі JOOLYWOOD JW-D60N-315	888888	1,64 кв. метра	-
Інвертори	46	~ 4000 кг/один	-
КТП (з усіма складовими)	5	- (габаритні розміри розрахункові)	-
Кабелі на підході до інверторів КВЕ Solar 50618	-	240240 м.	Загальна протяжність
Кабелі на виході з інверторів АВБШв 1х1000	-	92000 м.	Загальна протяжність
Понтони	20000000	1,44 кв.м	Така кількість через те, що понтони необхідні і як додаткові конструктивні і елементи
DMX- 3П – 4000 A Legrand 028788 ВА «Електрон Е40С»	92	-	-

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4
Дрібні деталі для збору шин і щитів	-	Коливається від 10 см, до 2 м	Подібний пункт для врахування дрібних затрат котрі при таких масштабах будуть грати важливу роль
Трансформатори підвищувальні і знижувальні	92	13139 кг/один	-
Прилади РЗА в відкритому доступі:	92	-	-

Зовнішнє освітлення виконується відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення».

Для організації зовнішнього освітлення запроектовано встановлення прожекторів на березі річки Дніпро. Прожектори заживити від розподільчих щитків 0,4 кВ.

Також, використавши ПЗ PVsyst можна привести діаграму втрат даного проекту, вона розташована далі:

Loss diagram for "New simulation variant" - year

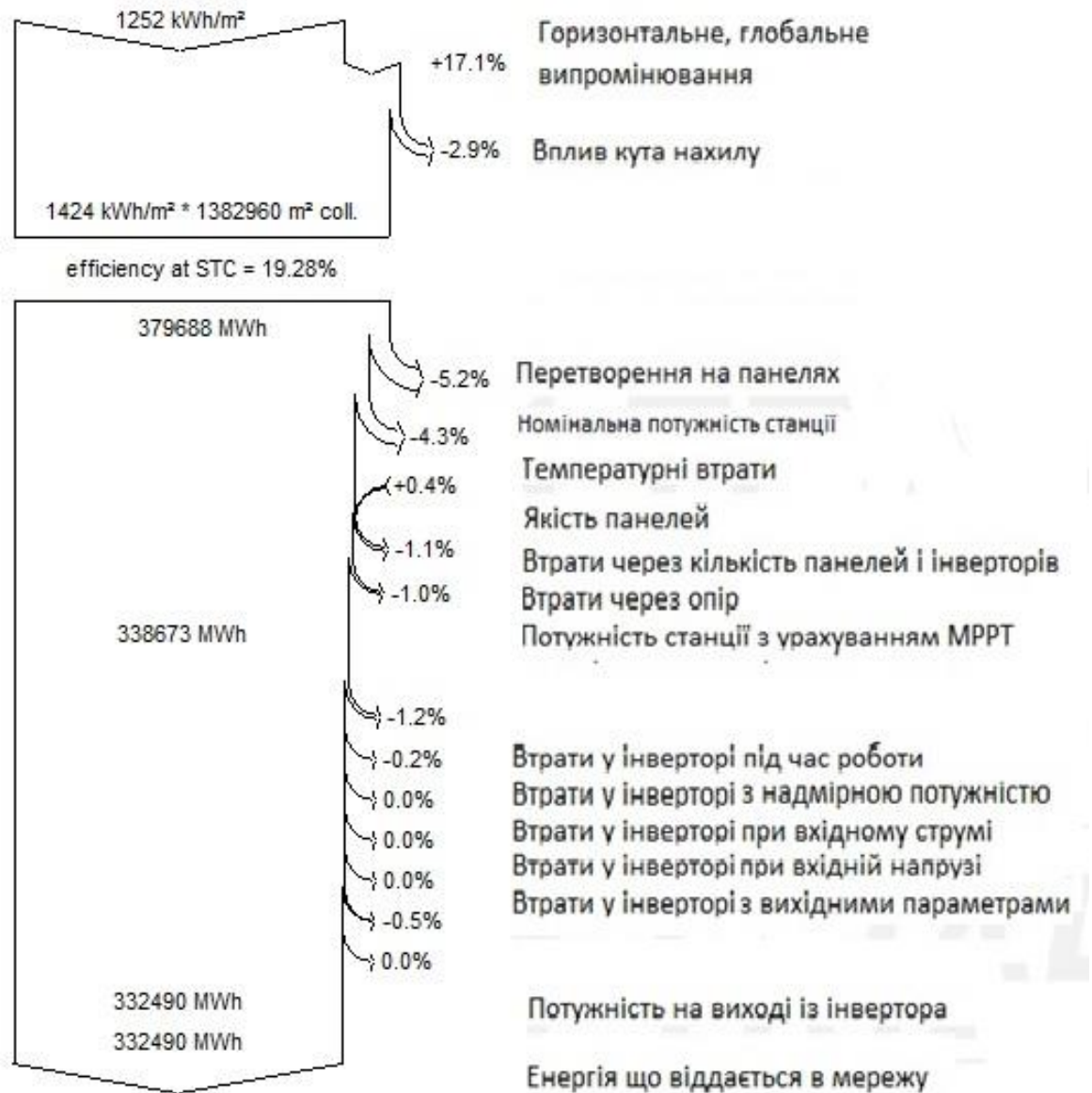


Рисунок 3.4 – Енергетична діаграма запропонованого проекту

Висновок по розділу

Отже у робочому стані, плавуча СЕС зможе видавати майже 333000 МВт*год на рік. Цю енергію можна продавати в мережу за зеленим тарифом, та паралельно (або повністю) використовувати задля живлення власних потреб гірничо-видобувного заводу.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПЛАВУЧОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Актуальність даної кваліфікаційної роботи магістра полягає в ідеї будівництва плавучої сонячної електростанції (СЕС) у нестандартних місцях. На прикладі хвостосховища Полтавського гірничо-збагачувального комбінату. Це актуально, тому, що на сьогоднішній день, в Україні існує неймовірна кількість територій, які не придатні для сільськогосподарської обробки, і, в той самий час під будівництво об'єктів ВДЕ (відновлюваних джерел енергії), таких як сонячні електростанції використовуються значні території з чорноземом та ін.

Сутність подібної роботи, полягає в створенні нового джерела якісної, зеленої енергетики в регіоні, шляхом використання хвостосховища, як майданчика для реалізації плавучої сонячної електростанції. Такий проект, це не лише змога підвищити енергоефективність самого ПрАТ «ПГЗК», а й можливість продавати вироблену енергію від СЕС в мережу і отримувати прибуток по Зеленому тарифу. Також, створення подібної конструкції неабияк позитивно зможе вплинути на екологічну обстановку в регіоні, шляхом зменшення викидів самого хвостосховища, і зменшенням використання викопного палива підприємством.

Попередній аналіз можливих показників плавучої СЕС досягає непоганих результатів, приблизно в 280 МВт встановленої потужності, а це, в свою чергу, зможе вже за рік принести не лише екологічну і технологічну, а ще і економічну вигоду.

Якщо брати конкретно економічну складову даної роботи, то можна сказати, що перш за все, необхідно виявити цінність подібного проекту в грошовому еквіваленті та розрахувати всі необхідні відрахування. Після цього визначити економічну доцільність, в яку має входити поряд з терміном окупності і екологічна складова.

4.1 Капітальні вкладення

Капітальні інвестиції для реалізації проектно-технічного рішення являють собою:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^K C_i) + Z_{\text{тзр}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{дм}} + Z_{\text{ін}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^K C_i)$ – затрати на придбання обладнання, технологій, техніки, пристроїв для діагностики стану обладнання, технічних засобів контролю і обліку, всіх необхідних деталей, сумарна вартість і-тих комплектуючих, які необхідні для реалізації даного проектного рішення, грн;

$Z_{\text{тзр}}$ – транспортно-заготовчі розходи, грн;

$Z_{\text{м}}$ – затрати на монтаж-налагоджувальні роботи, грн;

$Z_{\text{дм}}$ – затрати на демонтаж застарілого обладнання, грн;

$Z_{\text{ін}}$ – інші затрати, грн. В цьому випадку не враховується.

Вартість всіх комплектуючих і обладнання, взята із відкритих джерел, посилення на які знаходяться в проміжку від [44] до [65], за винятком [52] і [46], станом на 12.11.2019. Більшість деталей необхідно замовляти індивідуально (зокрема понтони -

https://ukrhimplast.com/products/engineering_products/floatation-modules/), від українського виробника, та трансформаторні підстанції від іноземних імпортерів.

В середньому вартість встановлення 1 кВт потужності сонячних панелей становить 11 тис. грн. «<https://energo-watt.com.ua/alternativnaya-energetika/>».

Монтаж трансформаторів і іншого електротехнічного обладнання приймаємо як 50000 за 1 одиницю, при потужності 1000 кВт.

В таблиці 4.1 будуть приведені всі використовувані деталі і процеси з ціновими показниками. Таблиця 4.1 наведена в Додатку Б.

Отже, використавши таблицю 4.1 ми маємо змогу розрахувати капітальні вкладення, які необхідні для установки плавучої СЕС на хвостосховище ПГЗК:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^K C_i) + Z_{\text{тзр}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{дм}} + Z_{\text{ін}} = 5303000 + 281000 + 800000 = 5894000 \text{ тис. грн.} \quad (4.2)$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - поточні витрати на експлуатацію і обслуговування об'єкта за певний період (рік), що виражені в грошовій формі.

До основних пунктів відносять:

1. Амортизаційні відрахування (C_a)
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z)
3. Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c)
4. Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T)
5. Інші витрати ($C_{\text{інш}}$)

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$Z = C_a + C_z + C_c + C_T + C_{\text{інш}}, \quad (4.3)$$

4.2.1 Амортизаційні відрахування

Амортизацію об'єктів основних засобів прийнято нараховувати виходячи із терміну його використання. Також, необхідно зауважити, що термін корисного використання різних об'єктів основних засобів для нарахування амортизаційних відрахувань, потрібен бути не меншим, за мінімально допустимий, який повинно бути вказано в нормативній документації для кожної із груп основних фондів. Розроблена система електропостачання на основі плавучої СЕС, являє собою окремі комплекси конструктивних елементів різноманітного або однакового

призначення, що потребують для свого обслуговування загальні пристрої пристосування, приладдя, керування і однорідний єдиний фундамент (за виключенням КТП). Враховуючи це, можна привести певний зв'язок, який полягає в тому, що кожен елемент і предмет може виконувати свої безпосередні функції, а комплекс – повноцінну роботу певного виду виключно, як складова комплексу, а не самотійно, тоді, ця система припадає до показників 9-ої групи ОПФ, мінімальний термін корисного використання подібних систем дорівнює 12 річному відрізьку. Враховуючи цей показник, можна прийняти термін корисного використання значенням в 12 років.

Прямолінійний метод амортизації полягає в тому, що річна сума амортизації може бути представлена як співвідношення амортизованої вартості до терміну корисного використання об'єктів основних фондів.

Використання подібного принципу не суперечить Податковому кодексу України[53].

Одним із необхідних показників для подальшого розрахунку є ліквідаційна вартість використовуваного обладнання. Проте визначити цей показник в даному випадку неможливо, приймаємо $\Phi_{\text{л}} = 0$.

Формула розрахунку амортизації матиме вигляд:

$$AB = \frac{\Phi_{\text{к}}}{T_{\text{к}}} = \frac{5894000}{12} = 491,166 \text{ млн. грн.} \quad (4.4)$$

4.2.2 Фонд заробітної плати

Виконувати розрахунок заробітної плати не планується, адже всі профілактичні і технологічні (та інші) види робіт виконуватимуться електротехнічним персоналом «ПрАТ» Полтавського гірничо-збагачувального комбінату – «ПГЗК», а моніторинг і нагляд за роботою плавучої СЕС повинен здійснюватися в режимі «online» спеціальним персоналом.

4.2.3 Фонд затрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання визначаються у відсотках від капітальних витрат: для підстанцій (в т.ч. електроустаткування) - 1%, адже в проекті передбачено встановлення п'яти підстанцій.

$$C_T = 0,01 \times 5894000 = 59 \text{ млн. грн.} \quad (4.5)$$

Як видно із формули (4.5) річні розходи на технічне обслуговування рівне 64 мільйони 87 тисяч гривень.

Річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$З = C_T + C_a = 59 + 491,166 = 59,432 \text{ млн. грн.} \quad (4.6)$$

4.3 Розрахунок терміну окупності станції

Для розрахунку терміну окупності, для початку, необхідно визначити річну економію від прийнятого науково-технічного рішення - ***Ек_р***.

В даному випадку, вона буде полягати в економії на екологічних платіжках, обумовленому зменшенням шкідливих викидів підприємства у навколишнє природне середовище, і, в разі використання виробленої енергії з плавучої СЕС задля забезпечення власних потреб ПГЗК. Для визначення енергоспоживання ПГЗК приймемо, що за 1 календарний рік необхідно приблизно 2,1 млрд. кВт*год (2 100 000 МВт*год) для технологічного процесу комбінату. При цьому, якщо основні викиди в навколишнє середовище це тверді речовини, то при ставці екологічного податку 92 грн. за 1 тону речовини, щорічні відрахування будуть рівні:

$$B_{TB} \times E_B = 5\,600 \text{ тис. тонн} \times 92 \text{ грн} = 515 \text{ млн. грн.}$$

І, відповідно введення даного проектного рішення дозволить знизити витрати на електроенергію. Тому, оскільки СЕС зможе видати 333000 МВт*год на рік, то ПЗГК ще буде необхідно докупити: $2100000 - 333000 = 1767000$ МВт*год електроенергії, а це означає що, за стандартними цінами, підприємство зможе економити 1200 млн. грн.

Тепер ми можемо порахувати чисту поточну вартість «ЧТС»:

$$\text{ЧТС} = \text{ДС} - \text{ІК} = \text{ДП}_t \times A - \text{ІК} > 0; \quad (4.7)$$

де, ДС – вхідний грошовий потік, це сума амортизації, оплати спожитої електроенергії і екологічний податок. З різницею відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, за рік.

ІК – інвестиційний капітал, що рівний 5894 млн. грн;

Отже, згідно з формулюванням (4.7) $\text{ЧТС} = 6631,279 - 5894 = 737,23$ млн. грн, що відповідає вимогі $\text{ЧТС} > 0$;

ДП_t – в даному випадку дорівнює 2191 млн. грн.

Використавши формулювання (4.7) можна побудувати таблицю, яка допоможе порахувати прибуток плавучої СЕС за весь термін її корисного використання, який було прийнято – 12 років

Таблиця 4.2 – Приведення динамічних коефіцієнтів ефективності проекту

Роки	ДП_t	K_t	ДС_t	ДС_k
1	2206	0,870	1920	1920
2	2206	0,756	1668	3588
3	2206	0,658	1451	5039
4	2206	0,572	1262	6301
5	2206	0,497	1096	8350

В даній таблиці, коефіцієнт « K_t » характеризується певною величиною « α » (альфа) яка була прийнята рівною 15%, що в цій роботі означає норму дисконту або дисконтну ставку і, вона характеризує норму прибутку, на яку може розраховувати інвестор вкладаючи гроші в проект.

Коефіцієнт $ДС_k$ – характеризує вхідний грошовий потік з урахуванням дисконтної ставки. Його можна визначити, наприклад для 2-го року, шляхом додавання значення коефіцієнту $ДС_t$ першого року до значення $ДС_t$ другого року і так далі для усього 12-ти річного терміну.

Отже, перевіряючи виконання принципу $ЧТС = ДС - ІК > 0$, маємо:

$6301 - 5894 = 407$ млн. грн.

Співвідношення дотримано. Внутрішня норма дохідності більша за α , а значить інвестиційний проект має позитивну тенденцію. Період окупності розрахуємо за наступною формулою:

$$ПО = P + \left(\frac{ІК - ДС_{к3}}{ДС_{т3}} \right); \quad (4.8)$$

де, P – кількість років за таблицею 4.2 коли дохід від введення станції в експлуатацію почне перевищувати $ІК$;

$ІК$ – інвестиційний капітал;

$ДС_{к3}$ – значення $ДС_k$ за третій рік;

$ДС_{т3}$ – значення $ДС_t$ за третій рік.

$$ПО = P + \left(\frac{ІК - ДС_{к3}}{ДС_{т3}} \right) = 3 + \left(\frac{5894 - 5039}{1262} \right) = 3,67 \approx 3,7 \text{ років.} \quad (4.8.1)$$

Отже, як видно із формули (4.8.1) період окупності плавучої СЕС на території хвостосховища ПГЗК складає трохи більше за три з половиною роки. Враховуючі всі матеріально-технологічні і монтажні-налагоджувальні чинники це прийнятний, і, навіть дуже хороший показник. Адже в наш час, 3,5 роки це якраз такий найбільш середнє значення для об'єктів подібного застосування (ВДЕ).

Висновок по розділу

В даному розділі було здійснено розрахунок економічної складової кваліфікаційної роботи магістра, головною метою якої є спорудження плавучої СЕС в нестандартному місці, на прикладі хвостосховища Полтавського гірничо-збагачувального заводу.

В результаті розрахунку інвестиційного капіталу, було проведено дослідження, за підсумками якого, в свою чергу, виведено період окупності станції, що склав три роки і сім місяців. На ринку сонячної енергетики це неабияк позитивний показник. З фінансової ж точки зору це також дуже хороший показник, який повністю виправдовує вкладенні кошти в капітальні розходи.

ВИСНОВОК

Підбиваючи підсумки, перш за все, хотілося би зазначити, що вибір місця розташування зіграв важливу роль у розрахунку СЕС, адже вже готові промислові енергетичні умови дуже важко в наш час знайти у вільному доступі. До того ж плавуча платформа на таких технологічних об'єктах як хвостосховище, ще не проходила експлуатацію в жодній з країн світу.

Загалом, подібне географічне розташування має ряд своїх особливостей. В першу чергу це звичайно що, сама взаємодія плавучої СЕС, до того ж такої потужної (280 МВт), з вже встановленими енергоносіями і споживачами на потужному гірничо-видобувному комбінаті викликає деякі умовності, наприклад якість вже існуючого обладнання, технологічний процес ГЗК, та ін. Проте, керуючись думкою, що розташування СЕС таких масштабів повинно, безумовно, тягти за собою покращення енергомережі, принаймні локально, можна розраховувати на позитивний результат взаємодії «зеленого» джерела енергії з промисловством, яке, можна сказати не завдає позитивного впливу на екологічну обстановку в регіоні.

Також, не слід забувати і про процеси введення в дію і обслуговуванню СЕС, потрібно дотримуватися чіткого логістичного контролю аби не впливати на технологічний процес ГЗК.

Але, в більшості своїй, подібний проект має бути виграшним для всіх сторін. Адже:

По-перше. Це, як вже було написано раніше, повинно збудити дії задля покращення енергомереж в цілому регіоні (як мінімум). Тому що, електроенергія вироблена від ВДЕ володіє неймовірною якістю, економічністю і екологічністю. Саме тому, транспортування її повинно відбуватися відповідними магістралями.

По-друге. Покращення екологічної ситуації, особливо в регіонах де знаходяться важкі гірничі підприємства, є для нашої країни вкрай важливим. Розташувавши плавучий каскад сонячної електростанції на хвостосховищі, ми зможемо в десятки (або і сотні) разів зменшити викиди шкідливих речовин разом з пилом від відстійника хвостоховища. Також, це позитивно повпливає на флору та фауну

навколишнього середовища, адже рідина з резервуару буде затримуватися і використовуватися частіше, через це потреби в чистій воді будуть значно меншими, а викиди шкідливої досягнуть свого можливого мінімуму.

По-третьє. Що стосується самого технологічного процесу ГЗК, то, така масивна конструкція СЕС (майже 280 га), яка розміститься в чаші хвостосховища, дозволить використовувати його і мати прямий доступ до рідини в ньому, на протязі всього календарного року, адже взимку, через температуру, яка буде підвищена через роботу СЕС (локально) рідина в середині сховища не буде замерзати. Також, додаткові палі (сваї), які розташуються на «березі» хвостосховища, послугують додатковими тримачами форми його чаші, а це дозволить зменшити кількість процесів досипання нових шарів піску та ін. Тобто, такий масивний каскад СЕС допоможе не лише заощаджувати підприємству на електроенергії, а й на догляді за хвостосховищем. Звичайно, будівництво плавучої станції не зменшує відповідальність за працездатність та екологічність ГЗК, проте воно дає змогу розгромадити такі питання.

По-четверте. Плавуча СЕС, дозволить певною мірою обійти деякі гострі питання, що стосуються класичних сонячних електростанцій. Адже, не потрібно вести діалоги про земельні ділянки, не потрібно проходити значний процес (який може бути більше строку будівництва СЕС) для отримання всіх необхідних дозволів. Так як ПГЗК знаходиться в приватній власності, з всіма дозволами і врегульованими питаннями можна цей процес перед будівництвом, значною мірою, скоротити.

Після проведення розрахунків, вибору всіх необхідних комплектуючих було отримано хороші показники вироблення електроенергії протягом року, високий ККД. Звичайно, що цінність комплектуючих, для такого виду електростанції достатньо висока, навіть без врахування транспортних послуг, але слід пам'ятати, що подібного роду станція буде позитивно впливати на загальний стан енергомережі локально у регіоні, та в цілому в Україні.

Отже плавуча сонячна електростанція може розглядатись на рівні із стандартними, класичними СЕС.

Взагалі, всі аспекти впливу саме плавучої СЕС на енергосистему, екологію та ін., можна винести в окрему групу тезисів. Так як, подібних проектів, мається на увазі СЕС на хвостосховищі (яке ще працює), ніхто не робив, важко точно спрогнозувати всі можливі пункти і теми, які стосуються всіх процесів від проектування і отримання дозволів, до будівництва і введення в експлуатацію. Проте, вже зараз очевидно, що переваг повинно бути значно більше.

Таким чином, якщо вже зараз почати подібну програму децентралізації, завтра (звичайно метафорично) ми зможемо вийти на якісно новий рівень не лише в енергоспоживанні і енергопостачанні, а й в соціально-економічному сегменті.

ВДЕ це привабливий сегмент капіталовкладень і інвестування, в тому числі і закордонних програм. Якщо вірити вченим-дослідникам навколишнього середовища, то незворотна точка, або ж «точка неповернення» в плані забруднення навколишнього середовища людством пройдена десятком років тому, і, найменше, що ми можемо зробити зараз, це спробувати зменшити відсоток негативного впливу на природу нашої планети, принаймні спробувати, адже Земля, як і Україна, у нас – одна.

[%BF,+%D0%92. +%D0%A1. +%D0%94%D1%83%D0%B4%D1%8E%D0%BA
+%D0%B8+%D0%A0. +%D0%91. +%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%
D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%BA&source=bl&ots=EFIXOXMhso&sig=AC
fU3U3MthYn84QuTGAwfNO3dezjaRng2A&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwituN
y6mrflAhUKwsQBHRmyAnwQ6AEwAXoECAkQAQ#v=onepage&q&f=false](http://www.kislorod.life/question_answer/pochemu_gidroenergetika_eto_pravilnoe_vie/)

10. Почему гидроэнергетика это правильное ВИЭ?

[Електронний ресурс], - режим доступу:

http://kislorod.life/question_answer/pochemu_gidroenergetika_eto_pravilnoe_vie/ - Заголовок з екрану.

11. ВИЭ наступают! [Електронний ресурс], - режим доступу:

<http://digitalsubstation.com/blog/2018/08/04/vie-nastupayut-1-nbsp-000-nbsp-gvt-solnechnoj-i-nbsp-vetrovoj-generatsii/> - Заголовок з екрану.

12. До 2050 року сонячна енергетика може забезпечити 70% глобального споживання електроенергії. [Електронний ресурс], - режим доступу:

<https://energyhub.com.ua/do-2050-roku-soniachna-energetika-mozhe-zabezpechiti-70-globalgo-spozhyvannia-elektroenergiyi/> - Заголовок з екрану.

13. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. В п'яти томах. Бурячок Т.О. (ч.4, розділ 2), Буцьо З.Ю. (ч.4, розділ 5, ч.5, розділ 4), Варламов Г.Б. (ч.3, розділ 2), Дубовської С.В. (ч. 5), Жовтянський В.А. (ч. 2), Казанський С.В. (ч.4, розділи 3, 4), Кудря С.О. (ч. 1, розділ 1, 2.1–2.3, розділ 3), Ландау Ю.О. (вступ, ч. 1, розділ 1, 2.1, 2.2, 2.4–2.7, розділ 3, ч.3, розділи 1, 4, ч.5, 3.3, післямова), Лисиченко Г.В. (ч.3, розділ 3), Маляренко В.А. (ч.3, розділ 2), Мартинюк В.І. (ч.4, розділ 5), Олещенко В.І. (ч. 4, розділ 2), Плачкова С.Г. (ч.4, розділ 2), Плачков І.В. (ч.5, розділ 4), Розен В.П. (ч.4, розділ 1), Сігал І.Я. (ч.3, розділи 1,2), Соловей О.І. (ч. 1, розділ 1, 2.1–2.3, 2.8–2.9, розділ 3, ч.3, розділ 5), Сулейманов В.М. (ч. 3, розділ 6), Черемисін М.М. (ч.4, розділ 6). [Електронний ресурс], - режим доступу:

<http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-1/section-2/2-1/2-1-3> - Заголовок з екрану

14. У 2018 році світове виробництво відновлювальної енергії стало дешевшим [Електронний ресурс], - режим доступу: <https://investory.news/uk/2018-roci-svitove-virobnictvo-vidnovlyuvalnoi-energii-stalo-deshevshim/> - Заголовок з екрану.
15. Стаття. Еколого-економічна ефективність інструментального регулювання розвитку альтернативної енергетики, Савенко Б.В. [Електронний ресурс], - режим доступу: http://www.economyandsociety.in.ua/journal/8_ukr/83.pdf/
16. *ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ В СТРАНАХ-ЧЛЕНАХ ОРГАНИЗАЦИИ ЧЕРНОМОРСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА*
[Електронний ресурс], - режим доступу: http://green.ucci.org.ua/wp-content/uploads/2016/11/130129_MEMO_014_-_Website_Attachment_2_reduced_format_Rus.pdf - Заголовок з екрану.
17. ЗАКОН УКРАЇНИ Про ринок електричної енергії.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> - Заголовок з екрану.
18. Как Украине попасть в Евросоюз?
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://nv.ua/opinion/kak-ukraine-stat-chlenom-evrosoyuza-novosti-ukrainy-50044340.html> - Заголовок з екрану.
19. Принцип работы и устройство солнечной батареи.
[Електронний ресурс], - режим доступу: https://www.sun-battery.biz/stat/princip_raboty_i_ustrojstvo_solnechnoj_batarei.php. – Заголовок з екрану.
20. Полупроводниковые преобразователи.
[Електронний ресурс], - режим доступу: https://electrikam.com/p-n-perexod/%20%D1%96%20https://electrikam.com/poluprovodnikovie_preobrazovateli/ – Заголовок з екрану.
21. Article. GLOBAL ENERGY SYSTEM BASED ON 100% RENEWABLE ENERGY

- [Електронний ресурс], - режим доступу: http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf.
22. До 2050 року сонячна енергетика може забезпечити 70% глобального споживання електроенергії
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://energyhub.com.ua/do-2050-roku-soniachna-energetika-mozhe-zabezpechiti-70-globalgo-spozhyvannia-elektroenergiyi/> – Заголовок з екрану.
23. Стаття. НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ У СВІТЛІ НОВИХ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ІНІЦІАТИВ.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://old.niss.gov.ua/monitor/november08/2.htm>. – Заголовок з екрану.
24. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про ринок електричної енергії».
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> – Заголовок з екрану.
25. Солнечная энергетика в Украине.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://msb.aval.ua/ru/news/?id=27732> – Заголовок з екрану.
26. Сонячні електростанції України на мапі.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://eenergy.com.ua/solar/sonyachni-elektrostantsiyi-ukrayiny-na-mapi/> – Заголовок з екрану.
27. Renewable energy sector Unlocking sustainable energy potential.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://strategy-council.com/files/research/en/38.pdf>. – Заголовок з екрану.
28. Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С.Білецького. — Донецьк: Донбас, Україна 2004. – 640 с.
29. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. [Електронний ресурс], - режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk>
30. Затоплений кар'єр .
[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://wikimapia.org/18194072/uk/%D0%97%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%>

[D0%B8%D0%B9-%D0%BA%D0%B0%D1%80-%D1%94%D1%80](#) —

Заголовок з екрану.

31. Водний фонд України.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://cyclop.com.ua/content/view/1007/58/1/14/#20908>. — Заголовок з екрану.

32. Постанова Кабінету Міністрів України, Про затвердження Державної програми приведення небезпечних об'єктів виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1846-2003-%D0%BF>.

33. Хвостохранилище ЮГОК

[Електронний ресурс], - режим доступу: [https://wikimapia.org/14113259/ru/%D0%A5%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5-](https://wikimapia.org/14113259/ru/%D0%A5%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5-%C2%AB%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0%C2%BB)

[_%C2%AB%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%8F-](https://wikimapia.org/14113259/ru/%D0%A5%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5-%C2%AB%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0%C2%BB)

[_%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0%C2%BB](https://wikimapia.org/14113259/ru/%D0%A5%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5-%C2%AB%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0%C2%BB) — Заголовок з екрану.

34. Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат.

[Електронний ресурс], - режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D1%80%D1%88%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BE-%D0%B7%D0%B1%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D1%87%D1%83%D0%B2_%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B0%D1%82 — Заголовок з екрану.

35. Полтавський горнообогатительний комбінат.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9>

[F%D0%BE%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%82](#) – Заголовок з екрану.

36. Український державний науково-дослідний і проектно-вишукувальний інститут «Укрндіводоканалпроект»

[Електронний ресурс], - режим доступу: http://www.uvkp.com.ua/?page_id=598 – Заголовок з екрану.

37. Горная энциклопедия. Том 5. Редактор(ы):Козловский Е.А.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://www.geokniga.org/labels/25594>.

38. Коллоидная химия издание пятое стереотипное. М. Гельфман, О.Ковалевич, В. Юстратов.

[Електронний ресурс], - режим доступу: http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/59.pdf

39. Повідомлення про плановану діяльність, яка підлягає оцінці впливу на довкілля. Приватне акціонере товариство «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат»

[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/2531/reports/add24a3afcccea746ff64c915f21a056.pdf>

40. Результаты моделирования дамбы хвостосховища на прикладі Полтавського ГЗК [Електронний ресурс], - режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/opac/search.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Znpgmb%5F2013%5F3%281%29%5F%5F17%2Epdf.

41.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

42. Український Гідрометцентр.
[Електронний ресурс], - режим доступу: https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/.
43. Погода в Полтаве по місяцям.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://ukraine.pogoda360.ru/938443/avg/> – Заголовок з екрану.
44. Двухсторонние солнечные батареи. Технология и преимущества.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://tridentenergy.ua/ru/ru-dvuhstoronnie-solnechnye-batarei-tehnologija-i-preimushhestva/> – Заголовок з екрану.
45. Двусторонняя солнечная панель JOLYWOOD JW-D60N-315 N-типа монокристалл. [Електронний ресурс], - режим доступу: <https://eco-tech.com.ua/p764846757-dvustoronnyaya-solnechnaya-panel.html> – Заголовок з екрану.
46. Офіційний сайт постачальника програмного забезпечення PVsyst.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://www.pvsyst.com/>.
47. Паспортні дані двосторонніх сонячних панелей JOLYWOOD JW-D60N-315
[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://solarsystems.pro/images/download/jolyWood/JW-D60N-EN.pdf>
48. Інвертор SINACON PV Photovoltaic Central Inverter.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/medium-voltage/systems/sinacon-pv.html> – Заголовок з екрану.
49. Паспортні дані інвертора SINACON PV.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ca8a273a-3080-40bc-af58-d34fa549d0fa/version:1557736180/emms-t10108-00-7600-rz.pdf>
50. Сонячний кабель KBE Solar 50618.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://setech.prom.ua/p836938576-kabel-mednyj-solnechnyj.html> – Заголовок з екрану.

51. Силовий трансформатор на 20000 КВА.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://russian.alibaba.com/product-detail/made-in-china-on-load-oil-immersed-66kv-power-transformer-20000-kva-62043958036.html?spm=a2700.8699010.normalList.1.71756ded88bIRr&s=p> – Заголовок з екрану.
52. Калькулятор розрахунку показників трансформатора.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://www.elec.ru/calculators/transformer/> – Заголовок з екрану.
53. Державна фіскальна служба України.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://sfs.gov.ua/nk/> – Заголовок з екрану.
54. Кабель АВБШв 1х1000. [Електронний ресурс], - режим доступу: <https://e-kc.ru/cena/cable-avbshv-1-1000> – Заголовок з екрану.
55. АВ Електрон Э40С. [Електронний ресурс], - режим доступу: https://www.avtomats.com.ua/1843-selective_circuit_breaker_e40s_4000a_6300a_contactor.html – Заголовок з екрану.
56. Вимикач навантаження DMX - 3П - 4000 А Legrand 028788.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://e-kc.ru/cena/vyklyuchatel-nagruzki-dmx-i-4000---vykatnoe-ispolnenie---3p---4000-a-legrand-028788> – Заголовок з екрану.
57. Вакуумный выключатель ВРС-110
[Електронний ресурс], - режим доступу: <http://www.vsoyuz.com/ru/produkcija/cb/cb110kv/vrs110-.htm> – Заголовок з екрану.
58. Разъединитель внутренней установки.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://dp.prom.ua/p995393785-razedinitel-vnutrennej-ustanovki.html> – Заголовок з екрану.
59. Трансформатор напряжения НКФ 123.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://alpha->

generation.all.biz/transformator-napryazheniya-nkf-123-g11117794 – Заголовок з екрану.

60. Блок ограничителей перенапряжения 110 кВ.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://dp.prom.ua/p1050727621-blok-ogranichitelej-perenapryazheniya.html> – Заголовок з екрану.

61. Изоляторы опорные полимерные ОСК.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://dp.prom.ua/p905973485-izolyatory-opornye-polimernye.html> – Заголовок з екрану.

62. Вимикачі і трансформатор струму.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://dp.prom.ua>

63. Трансформаторная подстанция КТПВ-25/10/04.

[Електронний ресурс], - режим доступу: https://dp.prom.ua/p589049822-transformatornaya-podstantsiya-ktpv.html?prosale=&utm_source=google_pla&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=pla_elektrooborudovanie&utm_term=%7Bkeyword%7D&gclid=Cj0KCQiAn8nuBRCzARIsAJcdIfNSegO3buFVNMPKHLLiCQMITgC1yQ9P6-OKY0u82-IMR7AWKHPxyOsaAnIIEALw_wcB – Заголовок з екрану.

64. Система АСКУЭ в бытовом секторе.

[Електронний ресурс], - режим доступу: http://electroline.com.ua/ru/elektroschetchiki_tm_nik/produkcija/sistema_askue.html – Заголовок з екрану.

65. ПОДСТАНЦИИ С НАПРЯЖЕНИЕМ 110, 35, 6(10) КВ.

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://www.reph.ru/production/type/35/678/> – Заголовок з екрану.

66. Сонячна і вітрова енергетика до 2020 року..

[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://energytransition.in.ua/sonyachna-i-vitrova-energetyka-do-2020-roku/> – Заголовок з екрану.

67. Г.И. Денисенко. Возобновляемые источники энергии.- Киев: КПИ, 1979 г.

68. Сердюк В. В., Чемересюк Г.Г., Терек М.. Фотозлектрические процессы в полупроводниках. - Киев - Одесса: В. ш., 1982. - 150 с.
69. Шляхи підвищення ККД сонячних панелей.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://alternative-energy.com.ua/uk/shlyahi-pidvishhennya-kkd-sonyachnih-panelej/> – Заголовок з екрану.
70. Железо - содержащие отходы предприятий горно-металлургического комплекса Украины. Губина В.Г.
[Електронний ресурс], - режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=gmvknu_2010_1-2_15
71. Податковий кодекс України.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/page40> – Заголовок з екрану.
72. Тарифи на електроенергію.
[Електронний ресурс], - режим доступу: <https://www.poe.pl.ua/consumers/ur/electricity/for-2018/> – Заголовок з екрану.
73. Volker Quaschnig. «Understanding Renewable Energy Systems» вид. Carl Hanser Verlag GmbH & Co KG, 2005 г, мова — англійська.
74. Р. Титко, В.М Калініченко Відновлювальні Джерела Енергії (досвід Польщі для України) .: Навчальний посібник. – Варшава: OWG, 2010 - 530 с.
75. Шкрабец Ф.П. Основы электроснабжения / Шкрабец Ф.П – Д: Национальный горный университет, 2012 – 465 с.
76. Л.В. Тимошенко. Еколого-економічне обґрунтування використання відновлювальних джерел енергії на муніципальних об'єктах / Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва // Економічний вісник – Д., НГУ, 2016. – №3 С. 171-180

ДОДАТОК А
Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1			Документація		
2		ТСТ.ОППб.19.07.ПЗ	Пояснювальна записка	97 Сторінок	
3			Демонстраційні матеріали. Презентація	Слайдів	

ДОДАТОК Б

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних затрат

№ п/п	Назва	Кількість, шт., пог. м	Ціна, грн. за одиницю, млн, грн	Вартість устаткуван- ня, млн. грн.	Монтаж, Наладка (МНР), млн, грн.	Транспортування, млн, грн.	Сума, млн, грн
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1.	Двостороння сонячна панель JOLYWOOD	888888	0,0044	3 896	231	0,020	4 127
2.	Силова, трансформаторна підстанція*	5	110	550	7	0,080	557
3.	Понтон**	2 млн. шт.	0,0003	600	22	0,040	622
4.	Інвертори SIEMENS «Sinacon» PV5000	46	3,5	160	15	0,090	176
5.	Захисне обладнання РЗА на лініях	92	0,152	14	0,056	0,077	14,133

Кінець таблиці 4.1

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
6.	Захист від перевантаження DMX- 3П - 4000 A Legrand	92	0,24	23	1,5	0,30	25,8
7.	Кабелі на підході до інверторів KBE Solar 50618	240240 м.	25 грн/м	6	0,410	0,05	6,5
8.	Кабелі на виході з інверторів АВБШв 1х1000	92000 м.	600 грн/м	54	3,7	0,1	57,8
	Загалом			5 303	281	0,8	5 584

**КТП – мається на увазі всі розраховані і прийняті компоненти в 3-му розділі дипломного проекту.*

***Ціна на понтон з урахуванням 20% знижки*

ДОДАТОК В

Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :		New Project			
Geographical Site		Makhnivka		Country	Ukraine
Situation		Latitude	49.00° N	Longitude	33.70° E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	120 m
		Albedo	0.20		
Meteo data:		Makhnivka	Meteonorm 7.2 (1991-2010), Sat=100% - Synthetic		
Simulation variant :		New simulation variant			
		Simulation date	16/11/19 12h44		
Simulation parameters		System type	Sheds system		
Collector Plane Orientation		Tilt	40°	Azimuth	0°
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
User's needs :		Unlimited load (grid)			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-mono	Model	JW-D60N-285	
Custom parameters definition		Manufacturer	Jollywood		
Number of PV modules		In series	35 modules	In parallel	24024 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	840840	Unit Nom. Power	315 Wp
Array global power		Nominal (STC)	264865 kWp	At operating cond.	240600 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	1015 V	I mpp	236928 A
Total area		Module area	1382960 m²	Cell area	1197692 m²
Inverter					
Original PVsyst database		Model	Sinacon PV5000		
Characteristics		Manufacturer	Siemens		
		Operating Voltage	1006-1500 V	Unit Nom. Power	5000 kWac
Inverter pack		Nb. of inverters	92 * MPPT 50 %	Total Power	230000 kWac
				Pnom ratio	1.15
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	1.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	0.070 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	-0.4 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP
Strings Mismatch loss				Loss Fraction	0.10 %
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param.	0.05

Grid-Connected System: Main results

Project : New Project
Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters

PV Field Orientation

PV modules

PV Array

Inverter

Inverter pack

User's needs

System type

tilt

Model JW-D60N-285

Nb. of modules 840840

Model Sinacon PV5000

Nb. of units 46.0

Unlimited load (grid)

Sheds system

azimuth 0°

Pnom 315 Wp

Pnom total **264865 kWp**

Pnom 5000 kW ac

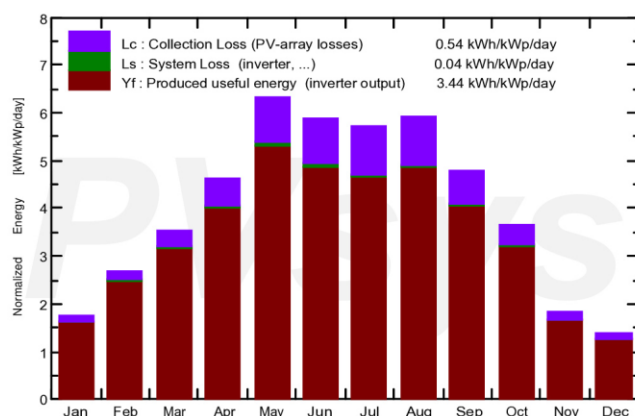
Pnom total **230000 kW ac**

Main simulation results

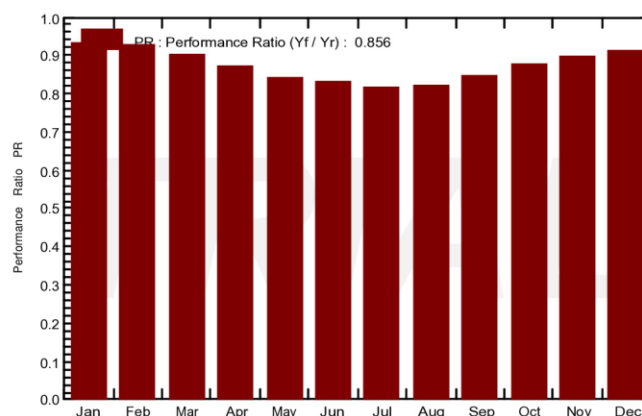
System Production

Produced Energy 332491 MWh/year Specific prod. 1255 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR 85.62 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 264865 kWp



Performance Ratio PR



New simulation variant

Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	
January	28.9	17.62	-2.86	54.4	53.0	13589	13415	0.931
February	47.2	26.09	-2.72	75.2	73.3	18741	18509	0.929
March	84.3	48.32	2.71	109.0	106.0	26417	26094	0.903
April	123.4	64.86	9.91	138.3	134.2	32222	31833	0.869
May	193.7	59.96	16.32	196.3	190.5	44245	43710	0.841
June	186.8	72.73	19.23	176.5	171.0	39284	38811	0.830
July	183.3	82.21	22.39	177.5	171.8	38685	38227	0.813
August	167.3	70.10	21.52	183.5	178.2	40362	39888	0.820
September	110.1	43.11	15.44	143.6	139.8	32616	32224	0.847
October	73.0	33.76	9.84	113.5	110.7	26627	26306	0.875
November	31.6	18.48	3.54	55.6	54.2	13370	13195	0.896
December	21.9	13.40	-1.25	42.6	41.6	10415	10278	0.910
Year	1251.6	550.64	9.58	1466.1	1424.2	336574	332491	0.856

Legends:

- GlobHor: Horizontal global irradiation
- DiffHor: Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb: T amb.
- GlobInc: Global incident in coll. plane
- GlobEff: Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray: Effective energy at the output of the array
- E_Grid: Energy injected into grid
- PR: Performance Ratio

Grid-Connected System: Special graphs

Project : New Project

Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters

PV Field Orientation

PV modules

PV Array

Inverter

Inverter pack

User's needs

System type **Sheds system**

tilt 40°

Model JW-D60N-285

Nb. of modules 840840

Model Sinacon PV5000

Nb. of units 46.0

Unlimited load (grid)

azimuth 0°

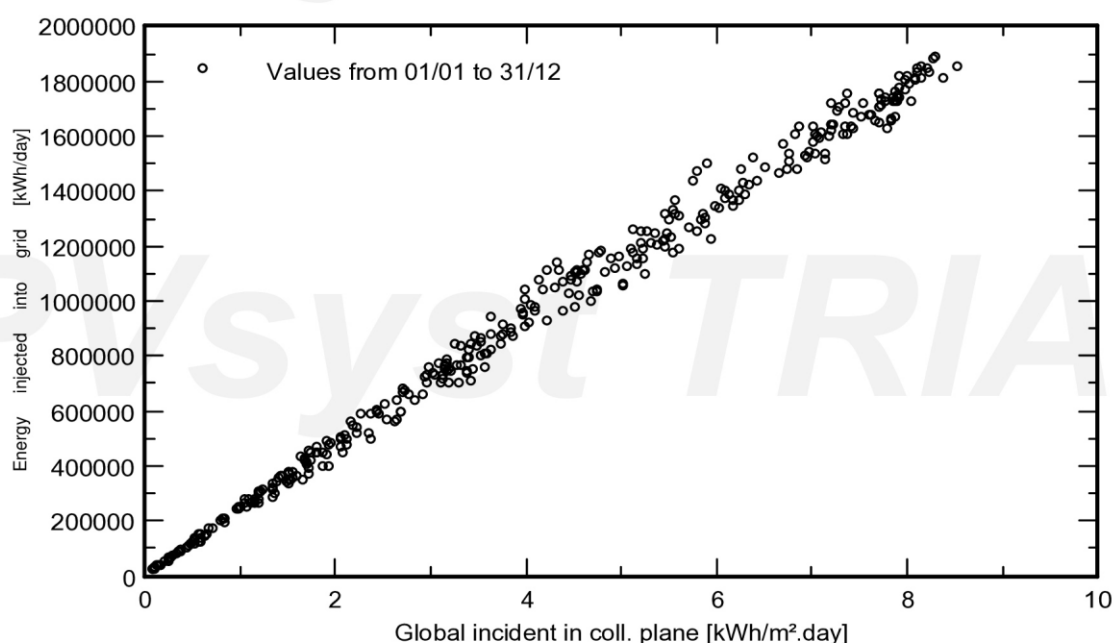
Pnom 315 Wp

Pnom total **264865 kWp**

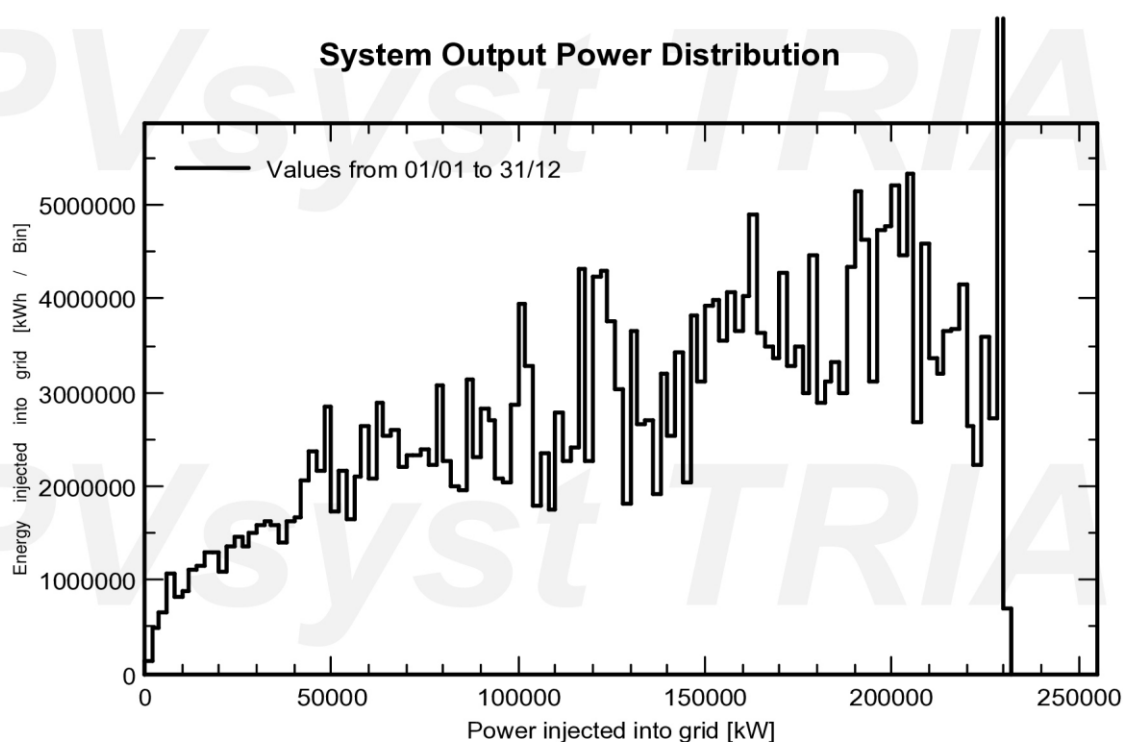
Pnom 5000 kW ac

Pnom total **230000 kW ac**

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



PVSYST V6.85		16/11/19	Page 4/5
--------------	--	----------	----------

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : New Project

Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters

PV Field Orientation

PV modules

PV Array

Inverter

Inverter pack

User's needs

System type

Sheds system

tilt

40°

azimuth

0°

Model

JW-D60N-285

Pnom

315 Wp

Nb. of modules

840840

Pnom total

264865 kWp

Model

Sinacon PV5000

Pnom

5000 kW ac

Nb. of units

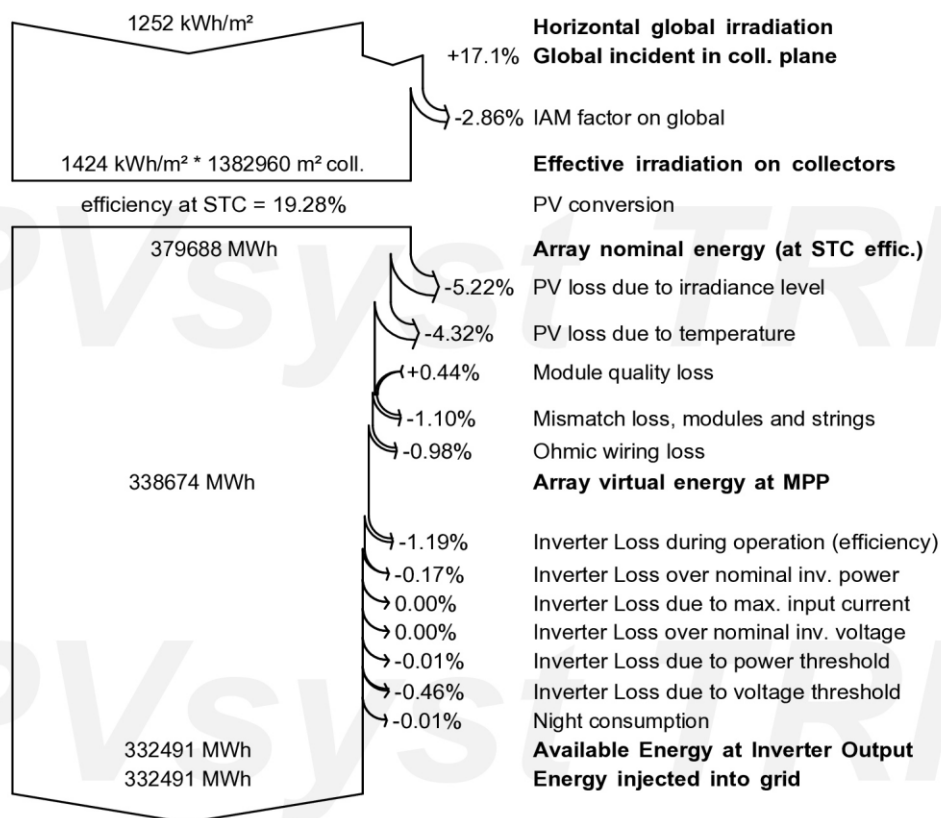
46.0

Pnom total

230000 kW ac

Unlimited load (grid)

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: P50 - P90 evaluation

Project : New Project

Simulation variant : New simulation variant

Main system parameters	System type	Sheds system	
PV Field Orientation	tilt	40°	azimuth 0°
PV modules	Model	JW-D60N-285	Pnom 315 Wp
PV Array	Nb. of modules	840840	Pnom total 264865 kWp
Inverter	Model	Sinacon PV5000	Pnom 5000 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	46.0	Pnom total 230000 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Evaluation of the Production probability forecast

The probability distribution of the system production forecast for different years is mainly dependent on the meteo data used for the simulation, and depends on the following choices:

Meteo data source	Meteonorm 7.2 (1991-2010), Sat=100%
Meteo data	Kind Not defined Year 1995
Specified Deviation	Year deviation from aver. 3 %
Year-to-year variability	Variance 0.5 %

The probability distribution variance is also depending on some system parameters uncertainties

Specified Deviation	PV module modelling/parameters	1.0 %
	Inverter efficiency uncertainty	0.5 %
	Soiling and mismatch uncertainties	1.0 %
	Degradation uncertainty	1.0 %
Global variability (meteo + system)	Variance	1.9 % (quadratic sum)

Annual production probability	Variability 6220 MWh
	P50 332491 MWh
	P90 324514 MWh
	P95 322270 MWh

Probability distribution

